

SÉRIE A N° 1384
N° D'ORDRE
2249

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

EDMOND BIGEARD

Professeur suppléant

à l'Ecole de Médecine de Tours

1^{re} THÈSE. — LES PEDIASTRUM D'EUROPE. ÉTUDE BIOLOGIQUE
ET SYSTÉMATIQUE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le

1933 devant la Commission d'Examen.

MM. P. A. DANGEARD... *Président.*

PRENANT.....

LANQUINE.....

} *Examineurs.*

PARIS

Editions de la « Revue Algologique »

1933

SÉRIE A n° 1384
N° D'ORDRE
2249

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

EDMOND BIGEARD

Professeur suppléant

à l'Ecole de Médecine de Tours

1^{re} THÈSE. — LES PEDIASTRUM D'EUROPE. ÉTUDE BIOLOGIQUE
ET SYSTÉMATIQUE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 1933 devant la Commission d'Examen.

MM. P. A. DANGEARD... *Président.*

PRENANT..... }
LANQUINE..... } *Examineurs.*

PARIS

Editions de la « Revue Algologique »

1933

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.
Doyen honoraire.... M. MOLLIARD.

Professeurs honoraires
H. LE CHATELIER. Emile PICARD.
H. LEBESQUE. Rémy PERRIER.
A. FERNBACH. Léon BRILLOUIN.
A. LEDUC. A. DEREIMS.

E. GOURSAT Analyse supérieure et algèbre supérieure.
P. JANET Electrotechnique générale.
F. WALLERANT Minéralogie.
P. PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
M. CAULLERY Zoologie (Evolution des êtres organisés).
Emile BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém.
H. ABRAHAM Physique
M. MOLLIARD Physiologie végétale.
E. CARTAN Géométrie supérieure.
Gabriel BERTRAND .. Chimie biologique.
Jean PERRIN Chimie physique.
L. LAPICQUE Physiologie générale.
M^{me} P. CURIE Physique générale et radioactivité.
G. URBAIN Chimie générale.
L. MARCHIS Aviation.
E. VESSIOT Théorie des fonctions et théorie des transformations.

Professeurs
A. COTTON Physique générale.
J. DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
Charles FABRY Physique.
R. LESPIEAU Théories chimiques.
P. PORTIER Physiologie comparée.
Charles PÉREZ Zoologie.
E. BLAISE Chimie organique.
P.-A. DANGEARD Botanique.
Léon BERTRAND Géologie structurale et géologie appliquée.
E. RABAUD Biologie expérimentale.
G. JULIA Calcul différentiel et intégral.
Paul MONTEL Mécanique rationnelle.
V. AUGER Chimie appliquée.
P. WINTREBERT Anatomie et histologie comparées.
O. DUBOSCQ Biologie maritime.
Eugène BLOCH Physique théorique et physique céleste.
N. Etude des combustibles.
L. LUTAUD Géographie physique et géologie dynamique.
Henri VILLAT Mécanique des fluides et applications.
Ch. JACOB Géologie.
P. PASCAL Chimie minérale.
De BROGLIE Théories physiques.
E. ESCLANGON Astronomie.
H. BÉNARD Mécanique expérimentale des fluides.
MAUGUIN Minéralogie.
L. BLARINGHEM Botanique.
A. GUILLERMOND Botanique (P. C. N.).
A. DENJOY Mathématiques générales.
A. DUFOUR Physique (P. C. N.).
H. BÉCHIN Mécanique théorique des fluides.

E. PÉCHARD Chimie (Enseig^t P.C.N.).
A. GUILLET Physique.
M. GUICHARD Chimie minérale.
A. MICHEL-LÉVY. Pétrographie.
H. MOUTON Chimie physique.
L. DUNOYER Optique appliquée.
M. JAVILLIER Chimie biologique.
ROBERT-LÉVY Zoologie.
A. DEBIERNE Radioactivité.
E. DARMOIS Physique.
G. BRUHAT Physique.
F. PICARD Zoologie (Evolution des êtres organisés).
L. JOLÉAUD Paléontologie.
M. FRÉCHET Calcul des Probabilités et
Physiques mathématiques
M^{me} RAMART-LUCAS. Chimie organique.

FOCH Mécanique expérimentale des fluides.
PAUTHENIER. ... Physique (P. C. N.).
VILLEY. Mécanique physique et expérimentale.
LABROUSTE Physique du globe.
FREUNDLER. Chimie (P. C. N.).
PRENANT Zoologie.
P. JOB Chimie générale.
CHRÉTIEN Optique appliquée.
BOHN. Zoologie (P. C. N.).
N. Chimie (P. C. N.).
COMBES. Scs Nlles (P. C. N.).
GARNIER. Mécanique rationnelle.
PÉRÉS Mécanique des fluides.
LAUGIER Physiologie générale.
TOUSSAINT Technique aéronautique.
HACKSHILL Chimie (P. C. N.).



Secrétaire A. PACAUD
Secrétaire honoraire D. TOMBECK.

A LA MEMOIRE DE MA MERE

A MON PERE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549908_0077

A MONSIEUR L'ABBÉ BIORET,

*Professeur de Botanique
à la Faculté libre des Sciences d'Angers*

ET A MONSIEUR P.-A. DANGEARD, DE L'INSTITUT,

*Professeur de Botanique
à la Faculté des Sciences de Paris*

LES PEDIASTRUM D'EUROPE

Etude biologique et systématique

INTRODUCTION

Le présent travail consiste essentiellement en un ensemble d'études biologiques sur chacune des espèces du genre *Pediastrum* Meyen, que l'on trouve dans les masses d'eau de la Touraine et de l'Anjou. Tous les algologues connaissent le polymorphisme de ces algues cénobiales, et mon maître, Monsieur l'Abbé BIORET, professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de l'Université Catholique d'Angers, qui m'a indiqué ces recherches et confié ce travail, s'était lui-même intéressé aux nombreuses formes qu'elles présentent dans nos rivières et nos étangs.

Sur les 8 espèces du genre que j'ai pu reconnaître, 7 vivent dans notre région. Ce sont :

P. simplex Meyen, *P. Kawraiskyi* Schmidle, *P. duplex* Meyen, *P. biradiatum* Meyen, *P. Boryanum* (Turpin) Meneghini, *P. angulosum* (Ehrenberg) Meneghini, *P. Tetras* (Ehrenberg) Ralfs.

La huitième espèce, *P. Braunii* Wartmann (= *P. tricornutum* Borge), est une espèce arcto-alpine : je n'ai pas eu l'occasion de l'observer vivante.

Mais on sait que le genre *Pediastrum* Meyen a été pulvérisé par les auteurs anciens et modernes en un nombre considérable d'espèces, de variétés et de formes. BRUNNTHALER (50, p. 89) décrit

20 espèces et près de 60 variétés, sans compter de nombreuses formes.

Les systématiciens fondent leurs coupures sur des modifications concernant :

1° la forme de la cellule marginale: absence ou présence de pointes; longueur des pointes; grosseur, forme et direction des pointes et des bras; absence ou présence d'une échancrure entre les pointes, profondeur de l'échancrure;

2° la forme du disque: disque plein ou clathré, grandeur des lacunes;

3° l'épaisseur et les ornements de la membrane.

Le but principal de mes recherches a été de savoir si ces modifications étaient dues à l'action du milieu, de l'âge, etc., c'est-à-dire de facteurs accidentels, ou bien si elles étaient dues à l'action des facteurs internes, qui constituent ce qu'on appelle l'hérédité. Dans le premier cas, ces modifications devaient varier avec le milieu, l'âge et l'organisation des colonies; dans le second cas, elles devaient paraître fixées et invariables, c'est-à-dire indépendantes des facteurs externes.

Au début de mes recherches, j'étais plutôt porté à considérer comme des espèces, ou des variétés, les formes que je voyais pour la première fois; mais l'observation m'a vite orienté vers la solution opposée et cette solution s'est trouvée confirmée dans la suite de mes recherches; ainsi, j'ai examiné à l'état frais, aussitôt après la récolte, plus de 140 échantillons planctoniques provenant de l'étang du Jardin botanique de Tours: j'ai toujours trouvé *P. Boryanum*, forme type, avec pointes moyennes, et *P. duplex*, forme type, avec lacunes moyennes; j'ai suivi le développement de ces récoltes en cultures: j'ai toujours vu les formes types des deux espèces disparaître peu à peu et les cultures envahies par certaines des formes considérées par les auteurs comme des espèces ou des variétés: ce ne sont que des variations individuelles, dues principalement à l'action de l'âge et du mode de vie, pélagique ou benthique.

Si donc le lecteur constate, dans ce mémoire, une tendance à réduire au rang de forme stationnelle, ou de stade de développement, un bon nombre d'espèces et tant de variétés qui pullulent dans les meilleurs auteurs, je le prie de ne pas y voir un parti pris, provoqué par la tendance contraire trop répandue: elle est le résultat d'im-

pressions nées des premiers essais d'identification, d'observations et de rapprochements, multipliés pendant cinq années, le tout appuyé sur des centaines de dessins, dont je ne puis livrer que les plus démonstratifs.

J'ai été ainsi amené à me demander ce que les auteurs entendaient par les mots *espèce*, *variété*, *forme*. Ces trois termes sont employés dans les ouvrages de systématique et dans les flores; ils sont représentés par un mot latin, suivi du nom de l'auteur qui l'employa le premier. Pour tout le monde, l'espèce est un groupement naturel, plus vaste que la variété, et la variété, un groupement plus compréhensif que la forme. Mais c'est sur les limites de ces groupements que les auteurs diffèrent: ce que l'un considère comme une forme, un autre en fera une variété, voire une espèce. A cela rien d'étonnant: il est absolument vain de tenter d'établir des règles, appuyées sur des caractères morphologiques ou physiologiques, permettant de délimiter les espèces, variétés, formes et d'y faire rentrer tous les individus.

Mais, quelles que soient les conceptions des auteurs sur les limites des groupements, il existe une notion commune à tous: c'est que les caractères utilisés pour définir l'espèce et la variété sont héréditaires et non accidentels, qu'on les rencontre sur un seul individu ou sur plusieurs. L'octroi d'un nom latin semble bien accompagner, dans l'esprit des auteurs, l'idée de particularités héréditaires: personne n'appellera *Quercus Robur*, var. *decapitata*, un chêne décapité par la foudre, ni *Ulmus campestris* var. *inclinata*, les ormes du boulevard inclinés vers l'avenue, bien que tous ces individus présentent le même caractère.

La notion de forme est plus vague: dans l'esprit de plusieurs, il s'agit de modifications qui peuvent être individuelles et correspondre à des stades d'évolution ou à des conditions de milieu; mais quand la forme est accompagnée, dans une flore, d'un nom latin, on peut croire que l'auteur donne à cette entité une signification analogue à celle de l'espèce ou de la variété, quoique moins compréhensive. Pour éviter toute confusion, le terme *forma* devrait disparaître des flores et être remplacé par un autre, la sous-variété, par exemple; on réserverait alors le nom de forme aux modifications sans valeur héréditaire: forme juvénile, forme sénile, forme stationnelle, etc. C'est dans ce sens que l'expression sera toujours employée dans ce mémoire. La forme ainsi entendue ne mérite pas de nom

latin; et s'il est démontré que telle prétendue espèce ou variété n'est qu'une forme, correspondant à une modification individuelle, due à l'âge ou au milieu, son nom doit disparaître de la nomenclature, du moins comme espèce ou comme variété.

Il en résulte que, pour nous, les notions d'espèce et de variété, représentées par un nom latin, comportent des facteurs internes héréditaires, qui consistent dans une tendance à produire sur les cénobes des caractères morphologiques déterminés. Ces caractères peuvent varier suivant les circonstances de milieu, d'âge; c'est la tendance de la plante à les produire qui est proprement spécifique et héréditaire, abstraction faite de la réaction du milieu.

Mon maître, M. BIRET, avait déjà parfaitement exprimé cette idée, dans son travail sur les *Graphidées corticales*; en discutant (p. 48) la notion d'hypophyléodisme, il distingue les tendances spécifiques et les variations dues aux circonstances. « Les premières seules, dit-il, doivent entrer en ligne de compte (pour définir la notion d'hypophyléodisme). Dès lors cette notion devient nette et a une signification biologique: c'est la *tendance* du thalle à se développer dans l'écorce, abstraction faite des *difficultés* que peut lui opposer le milieu ».

Ceci posé, il s'ensuit qu'un caractère morphologique du squelette d'un *Pediastrum* est le résultat de l'action interne des facteurs spécifiques héréditaires et de la réaction externe du milieu, de l'âge ou de l'organisation de la colonie. L'observation bien conduite déterminera d'abord l'amplitude de la variation du caractère morphologique considéré, puis les facteurs externes, causes de cette variation, et enfin elle mettra à jour, par-delà la variation, ce qui reste fixe et qui fait partie du patrimoine héréditaire de la plante considérée. C'est de cela seulement qu'il faut tenir compte dans l'établissement des coupures systématiques; on ne doit pas faire entrer en ligne de compte les variations dues aux circonstances externes. La cellule marginale du *P. Boryanum* a tendance à porter 2 pointes, mais nous verrons que le milieu, l'âge et l'organisation de la colonie règlent en fin de compte leur longueur, leur grosseur, leur direction, et même jusqu'à leur présence. Il en est de même chez les autres espèces.

Ces recherches sur les *Pediastrum* font partie d'un ensemble d'études sur le phytoplancton de l'Anjou effectuées au Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de l'Université Catholique

d'Angers, sous la direction de M. le Professeur BIORET; j'ai le vif plaisir de lui dédier ces pages et de lui exprimer ici mes remerciements pour sa bienveillante attention et les précieux conseils qu'il m'a prodigués durant ces cinq années de recherches, et aussi ma profonde reconnaissance pour les satisfactions véritables qu'il m'a fait éprouver en m'initiant, d'une main si sûre, à la recherche scientifique.

HISTORIQUE

MEYEN (155), en 1829, crée le genre *Pediastrum*, avec 3 espèces: *P. simplex*, *P. duplex*, *P. biradiatum*. Après lui, la plupart des auteurs n'ont pas cessé d'augmenter le nombre des espèces et des variétés.

EHRENBERG (1), en 1838, distingue *P. Tetras*, sous le nom de *Micrasterias Tetras*, et peut-être *P. angulosum* sous celui de *Micrasterias angulosa*. Les 3 espèces de MEYEN sont devenues 7.

MENEGHINI (154, p. 209), en 1840, établit le genre *Pediastrum* tel à peu près qu'on peut le comprendre aujourd'hui. Il sépare *P. Boryanum* du *P. duplex*. Il s'en tient ainsi à 6 espèces: *P. Boryanum* (Turp.), *P. heptactis* n. sp., *P. biradiatum*, *P. angulosum*, *P. duplex*, *P. simplex*. Il ne manque que *P. Braunii* Wartmann et *P. Kawraiskyi* Schmidle, qui seront découverts plus tard. La systématique du genre est donc fixée, dans ses grandes lignes, depuis MENEGHINI. C'est après lui que commence la pulvérisation du genre.

(1) EHRENBERG. — Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Berlin, 1838. — D'après NITARDY (162), chez qui on trouvera une étude historique très complète sur la systématique du genre *Pediastrum*.

KUETZING (124, p. 142), compte déjà 8 espèces : il détache un *P. cruciatum* du *Boryanum* pour les cénobes 4-cellulaires.

HASSALL (106, p. 387), en 1845, admet 17 espèces.

RALFS (188, p. 180), en 1848, en admet 12.

NAEGELI (160, p. 92), la même année, introduit son *P. integrum*.

BRAUN (45, p. 64), en 1855, décrit 18 espèces, en donnant la synonymie de chacune.

WARTMANN, en 1862, dans ses « *Schweizerische Kryptogamen* », distribue, sous le n° 32, une excellente espèce, qu'il décrit sous le nom de *P. Braunii*. Cette espèce a été méconnue jusqu'à ces dernières années par la plupart des algologues. BORGE (25, p. 4, fig. 3), en 1892, découvre à son tour l'organisme, qu'il appelle *P. tricornutum* et qui passe avec ce dernier nom dans la nomenclature. C'est seulement en 1911 que BORGE (35, p. 25), après l'examen d'un échantillon authentique du *Pediastrum* de WARTMANN, a reconnu que son *P. tricornutum* était identique à *P. Braunii*, dont le nom seul devait rester; ce qui n'a pas empêché la presque totalité des auteurs de conserver le nom donné par BORGE.

REINSCH (190, p. 90), en 1867, crée son *P. Sturmii*, qui a mieux réussi à se faire accepter, sans cependant trouver chez les algologues un accord parfait.

On retrouve les 18 espèces de BRAUN dans le « *Sylloge Algarum* » de DE TONI, en 1889.

RACIBORSKI (187), en 1890, marque un temps d'arrêt. Il n'admet plus que 9 espèces. Mais il accole à chacune d'elles, sauf au *Tetras*, un grand nombre de variétés et de formes, jusqu'à 10 pour *P. duplex*.

SCHMIDLE (198, p. 5), en 1897, découvre son *P. Kawraiskyi* dans des récoltes du Caucase.

Depuis lors, aucune espèce nouvelle n'est signalée en Europe. Mais LEMMERMANN (133, p. 79), en 1897, détache un *P. clathratum* du *P. simplex*; WEST (256, p. 79), en 1911, crée un *P. Pearsoni* sur des formes affines au *P. integrum*, provenant de l'Afrique du Sud; WOŁOSZYŃSKA (282, p. 194) décrit et figure plusieurs espèces nouvelles, récoltées en Afrique centrale; WILLE (279, p. 433), en 1924, crée un genre nouveau, *Soropediastrum*, pour des échantillons à allure de *Pediastrum* cœlastroïdes, récoltés aux îles Kerguelen.

Quant aux variétés et aux formes nouvelles, elles n'ont cessé de se multiplier, même depuis la publication du « *Süßwasserflora* », en 1915, où BRUNNTHALER (50) donne pourtant l'hospitalité à 20 espèces et près de 60 variétés.

Depuis une trentaine d'années, cependant, une tendance à la suppression, sinon d'espèces, du moins de variétés, se fait nettement sentir. CHODAT (55, p. 226) dit, au sujet du *P. simplex*: « La membrane se couvre avec l'âge ou d'autres circonstances de granulations...: ce caractère n'est d'aucune importance systématique ». Au sujet du *P. duplex*, il ajoute (p. 228): « Toutes les formes décrites sont présentes en grande abondance dans le lac de Muzzano, où l'on trouve tous les passages d'une forme à l'autre. Elles ne méritent nullement d'être élevées au rang de variétés ou d'espèces ». Le même auteur réunit (p. 229) le *P. integrum* au *P. Boryanum*.

En 1911, BACHMANN (2, p. 192) écrivait, en parlant du genre *Pediastrum*: « Le nombre des espèces et surtout des variétés est considérable; on peut assurer que les mémoires concernant la limite des espèces sont loin d'être arrivés à leur terme; un travail fouillé sur ce genre serait fort à sa place ». NITARDY, en 1914, (162, p. 111), cherche lui aussi à simplifier la systématique; il met en doute le *P. integrum*. De même plus tard, VAN OYE (170, p. 5) écrit: « La grandeur des lacunes centrales et les granulations n'ont aucune valeur systématique »; et plus loin (p. 7): « Pour celui qui a eu l'occasion de rencontrer dans la nature presque toutes les variétés de *Pediastrum* réunies dans un grand nombre, il n'y a aucun doute que les caractères distinctifs admis par BRUNNTHALER, LEMMERMAN et autres, n'ont aucune valeur systématique ».

Depuis quelques années, la tendance à la simplification s'accroît chez un bon nombre d'algologues. Ainsi BORGE (39, p. 9 ramène *P. Sturmii* et *P. ovatum* à *P. simplex*; il réduit à l'état de formes les variétés *clathratum*, *coherens*, *brachylobum*, etc., du *P. duplex*. De même HUBER-PESTALOZZI (110, p. 418), au sujet des variétés du *P. simplex* qu'il a rencontrées, dit qu'elles ne lui paraissent pas avoir de valeur systématique; il réunit finalement (111, p. 369) *P. simplex* et *P. clathratum*. Beaucoup d'algologues, aujourd'hui, semblent se méfier de la méthode des coupures à l'extrême et se montrent partisans des études biologiques.

METHODE

De bons auteurs modernes pensent que la méthode des cultures pures, méthode expérimentale où l'on procède comme en bactériologie, est seule capable de fournir des données à la systématique. J'ai conservé vivantes au laboratoire de nombreuses récoltes de *Pediastrum*, mais je n'ai pas fait de cultures pures: d'abord, je l'avoue, parce que j'ai été assez vite rebuté par les difficultés que j'ai rencontrées dans mes premiers essais; mais aussi parce que les quelques cultures en milieux complètement artificiels, que j'ai réalisées et dont je parlerai, ne m'ont pas donné des résultats encourageants: mes *Pediastrum*, comme les autres Protococcacées, se déformaient, devenaient méconnaissables; je n'y retrouvais plus ces caractères morphologiques naturels, que je voulais précisément étudier et expliquer.

J'ai d'abord fait des examens de récoltes fraîches de plancton, de vases, de dépôts recueillis sur les bords de l'eau, sur les pierres, sur les feuilles flottantes ou immergées, examen permettant des observations sur les *Pediastrum* de tous âges, sur le vif, principalement dans les stations où on les trouve en abondance. En effet, les observations deviennent faciles quand on se trouve en présence d'un peuplement abondant, correspondant à des multiplications rapides: les vieilles colonies mères voisinent avec les jeunes colonies filles; on a l'impression très nette que toute la population est formée d'une seule espèce, avec des variations individuelles plus ou moins accentuées.

J'ajouterai que ce n'est que dans ces conditions, semble-t-il, que l'on peut déterminer les bonnes espèces et les séparer les unes des autres. Sans doute cette séparation comportera toujours un élément subjectif, partant arbitraire; mais quand on observe en même temps un grand nombre d'individus d'une même espèce, on est conduit tout naturellement à faire abstraction des caractères que l'on voit varier d'un individu à l'autre, pour s'attacher à ce qui reste fixe sous cette variation superficielle. Quand, au contraire, on est réduit à l'examen

d'individus isolés, surtout d'un seul individu, comment distinguer ce qui appartient à l'individu de ce qui relève de l'espèce ? Je m'en suis donc tenu aux règles suivantes :

1° Dans le cas d'une végétation abondante d'une espèce donnée de *Pediastrum*, quand je trouve une forme douteuse, si j'observe en même temps une série de formes intermédiaires qui la relie à la forme normale, je ne la considère ni comme une nouvelle espèce ni comme une nouvelle variété.

2° Quand je trouve une forme aberrante isolée, je la considère comme simple forme individuelle, tant que je ne l'ai trouvée en population compacte et homogène, et que je n'ai pas pu suivre son développement. Dans un groupe si polymorphe, un échantillon isolé ne peut suffire pour créer une nouvelle espèce ou variété: il faut une population assez dense pour délimiter le type systématique et se rendre compte de l'amplitude et de la diversité des modifications entre les formes extrêmes. Certains auteurs ont créé des espèces et des variétés sur des colonies uniques, ou peu nombreuses, ou provenant de stations d'allure spéciale, qui, de toute évidence, constituent des anomalies, telles qu'on en trouve dans les cultures et les dépôts. Il en est ainsi pour les variétés *campanulatum*, *depauperata*, de WILLE (279, p. 432) pour les espèces *proccox* et *polydens* de MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, 158). On a même mis des noms d'espèces ou de variétés sur des colonies juvéniles encore incluses dans leur matrice ou venant d'en sortir : Ex.: *P. compactum* Bennett (13).

3° Si une forme aberrante reproduit dans ses stades de jeunesse la forme normale d'une espèce connue, on doit l'y rattacher; il ne reste plus qu'à rechercher quelles actions d'âge ou de milieu provoquent sur l'espèce connue l'apparition de la forme aberrante considérée.

4° Quand on compare deux types différents, il faut les observer dans le même milieu, afin d'éliminer les influences des conditions extérieures. De bonne heure, j'ai remarqué que dans mes pêches planctoniques, qui provenaient d'étangs peu différents, les *Pediastrum* variaient relativement peu. Si les auteurs n'avaient eu sous les yeux que des colonies de cette origine, le nombre des espèces et des variétés eût certes été beaucoup moins grand. Je constatai aussi que, dans le milieu planctonique, deux espèces mêmes voisines, comme *P. Boryanum* et *P. angulosum*, se distinguaient aisément.

C'est de là que me vint l'idée, sur laquelle je reviendrai dans la partie écologique, de considérer la vie planctonique comme l'état normal des *Pediastrum*, comme le mode de vie qui accuse au maximum les caractères de l'espèce; la vie benthique produit des modifications profondes et diverses. Si l'on compare une colonie benthique avec une colonie planctonique de la même espèce, on sera tenté d'y voir deux espèces distinctes; au contraire, la forme planctonique des cénobes adultes, toujours semblables, doit être prise comme type de l'espèce.

Je ne prétends pas que deux cénobes de même âge et de la même récolte ne présentent jamais de différence. Outre les fluctuations individuelles qui se rencontrent partout dans le règne végétal, on doit tenir compte du fait que les *Pediastrum*, essentiellement planctoniques, s'accommodent également de la vie benthique et s'y multiplient. Or, à cet état, les caractères d'adaptation au flottage sont naturellement moins accusés; deux colonies du même âge, dans la même récolte, présenteront des différences d'autant plus grandes que l'une, par exemple, aura passé toute son existence à l'état planctonique et que l'autre en aura passé une partie à l'état benthique.

Ces règles ne doivent pas cependant être appliquées d'une manière trop absolue; même lorsqu'on a recherché les *Pediastrum* pendant des années dans des milieux différents, on n'est pas certain de s'être trouvé en présence de toutes les bonnes espèces, même régionales. Quand je vis, en septembre 1928, la première colonie de *P. biradiatum*, isolée au milieu d'une grande quantité de *P. duplex*, dans une récolte provenant du petit étang du Jardin botanique de Tours, je me demandai s'il ne s'agissait pas d'un type extrême de *P. duplex*; mais la découverte de la station de Serrant ne permet plus de doute: à côté de *P. duplex*, *P. biradiatum* reste distinct, même dans sa plus tendre jeunesse.

De même, pendant longtemps on aurait pu douter du *P. angulosum*, comme l'a fait NITARDY (162). Il ne m'est plus permis de le réunir à *P. Boryanum*, en le comparant à ces formes coelastroïdes, si fréquentes dans les flacons de cultures immobiles: depuis que cette espèce m'est apparue en quantité dans les eaux de Serrant, au milieu des autres *Pediastrum*, sa légitimité ne peut plus faire de doute.

Ce n'est donc qu'avec beaucoup de patience et de prudence, après de nombreuses observations, qu'on peut arriver à séparer les bonnes espèces des espèces douteuses ou mauvaises.

Parmi les stations visitées, j'en signalerai d'abord deux, parce qu'elles m'ont fourni des matériaux d'une telle richesse en *Pediastrum* que j'ai pu faire, grâce à elles, une bonne part des observations qui font le sujet de mon travail ; le petit étang du Jardin botanique de Tours dans lequel j'ai fait des récoltes de plancton et de dépôts pendant 4 ans, tous les 8 ou 15 jours ; j'y ai étudié *P. Boryanum*, *P. duplex*, *P. Tetras* et *P. simplex* ; l'étang de Serrant, à Saint-Georges-sur-Loire, Maine-et-Loire, dont les récoltes, d'une richesse inouïe en *Pediastrum*, m'étaient communiquées par M. BIRET, qui les faisait en compagnie de M. GERMAIN, élève du Laboratoire de Botanique ; j'ai pu y examiner les sept espèces de *Pediastrum*, qui vivent dans nos régions : *P. Boryanum*, *P. duplex*, *P. simplex*, *P. angulosum*, *P. biradiatum*, *P. Tetras* et *P. Kawraiskyi*.

En plus de ces deux stations, j'ai fait des récoltes dans la Loire, le Cher et le Canal de Saint-Pierre-des-Corps. Le Cher m'a fourni des pêches assez riches en *P. Boryanum*, *P. duplex* et même *P. simplex*. M. BIRET m'a aussi communiqué des récoltes provenant de l'Etang Saint-Nicolas, à Angers, dont il a précédemment étudié la flore planctonique (21), ainsi que du lac de Grand-Lieu et de la Brière (Loire-Inférieure). Enfin les grands étangs d'Indre-et-Loire, l'étang du Louroux au sud de Tours, les étangs d'Ambillou, l'étang de la Roche, l'Etang Neuf, l'étang du Bouchard, disséminés dans la Gâtine du nord de Tours, formations auxquelles je n'ai pu faire qu'une visite, possèdent une flore de Chlorophycées planctoniques qui mériteraient une étude suivie ; elle révélerait nombre de faits nouveaux, même en ce qui concerne les *Pediastrum*.

Les masses d'eau dont je viens de parler possèdent toutes un *pH* voisin de 7 (7 à 7,5). J'ai examiné aussi des récoltes provenant de stations à *pH* nettement basique : elles m'ont été communiquées par M. MARTIN et provenaient des étangs de Chaumont, au nord d'Angers, et de l'étang du Bellai au nord de Saumur.

Enfin j'ai fait des récoltes dans les fosses, les trous d'eau, sur les rochers humides, aux environs de Tours.

En outre, je suivais le développement de mes récoltes dans des cultures spontanées, obtenues en abandonnant une fraction de la récolte, avec 50 ou 60 cc. d'eau de la station originelle dans un matras de 125 cc., fermé d'un tampon de coton, ou dans des bocaux de 125 ou 250 cc., recouverts d'un morceau de carton. Quand les

Pediastrum se multipliaient, je procédais à des repiquages dans de l'eau provenant de la station où j'avais fait la récolte primitive.

J'ai ainsi obtenu une centaine de cultures, dont les plus riches ont été conservées et suivies pendant un an; j'en ai même conservé deux pendant deux ans. J'en faisais l'examen presque quotidien et, de temps en temps, je prélevais un fragment, que je plaçais dans un tube avec du formol étendu.

J'ai aussi étudié l'action de diverses substances chimiques, en introduisant dans certaines cultures, des doses connues de ces substances: perchlorure de fer, nitrate de potassium, nitrate de calcium, carbonate de calcium, chlorures de potassium, d'ammonium, de magnésium, phosphate monopotassique, glycérine.

Enfin j'ai tenté de réaliser des cultures agitées, afin de pouvoir comparer la morphologie des colonies flottantes avec celle des colonies benthiques.

PLAN

J'ai divisé mon travail en quatre parties :

Dans la première, on trouvera les résultats morphologiques des actions des facteurs externes, milieu, âge, etc., sur les différentes espèces du genre *Pediastrum*, touchant les lacunes et méats des colonies, les pointes et les échancrures des cellules marginales, les ornements des membranes cellulaires, etc.

La deuxième sera consacrée à la systématique du genre : en m'appuyant sur les faits exposés dans la première partie, j'indiquerai les espèces maintenues, les espèces et variétés à supprimer.

Dans la troisième partie seront réunies quelques observations nouvelles touchant la multiplication des *Pediastrum*.

Enfin la quatrième contiendra la distribution géographique et quelques faits touchant l'écologie des *Pediastrum*.

PREMIÈRE PARTIE

ETUDE BIOLOGIQUE

Variations morphologiques dues à l'influence de divers facteurs

CHAPITRE PREMIER

LACUNES ET MEATS;

FORME DE LA CELLULE MARGINALE

Remarque préliminaire. — La grandeur des lacunes est due à un étirement des lobes des cellules du disque; quand le disque est plein, les cellules sont polygonales; quand les méats sont petits, les cellules sont rectangulaires, avec bords rectilignes ou légèrement concaves; quand le disque est largement clathré, les cellules ont 3 ou 4 bras plus ou moins longs. Dans ce dernier cas, l'étirement se produit aussi sur les cellules marginales, obligées de s'élargir pour faire le tour du disque agrandi par les lacunes; chez *P. duplex*, les deux bras inférieurs s'allongent; chez *P. simplex*, la base de la cellule s'élargit, mais perd en hauteur ce qu'elle gagne en largeur. La forme de la cellule marginale est donc liée à la grandeur des lacunes: c'est pourquoi ces deux caractères seront discutés en même temps.

A) INFLUENCE DE L'ÂGE

Il est avant tout nécessaire de dire ce que l'on entend par l'âge d'une colonie, et les moyens d'observer son influence.

a) Quand on trouve une petite colonie en contact avec une grosse, qui possède des cellules vides avec fentes, il me semble qu'il est permis de ne pas attribuer cette rencontre au hasard et de considérer le petit cénobe comme issu du gros; on a donc là une jeune colonie et une colonie mère, adulte ou vieille.

b) Il arrive souvent qu'on trouve, sur une vieille colonie des cellules mortes à un stade plus ou moins jeune, ayant conservé la forme qu'elles avaient à ce stade: on saisit là nettement le changement de forme consécutif à la croissance.

c) L'épaisseur de la membrane donne aussi d'utiles indications, ainsi que sa couleur et ses ornements. Les jeunes cénobes ont une membrane mince, lisse, transparente: aussi paraissent-ils toujours d'une couleur vert clair, alors que les vieilles colonies sont d'un vert plus ou moins foncé; dans les jeunes, le pyrenoïde est toujours large et bien visible.

d) Enfin, le principal caractère distinctif de l'âge, c'est la taille évidemment. Dans un groupe de cénobes, toutes choses égales d'ailleurs, les plus petits sont les plus jeunes; mais cela ne veut pas dire du tout que, quand on prend au hasard deux colonies dans une préparation, la plus petite est toujours la plus jeune; il faut voir laquelle des deux réunit le plus grand nombre des caractères que l'on trouve sur les toutes petites colonies, caractères qui sont des caractères de jeunesse parce qu'on les trouve toujours sur les colonies de petite taille; il peut en effet arriver qu'une colonie encore jeune ait déjà dépassé par la taille une colonie plus vieille, mais celle-là portera encore des marques de jeunesse que celle-ci aura perdues.

En résumé, l'âge relatif d'une colonie se reconnaît à un ensemble de caractères, parmi lesquels le caractère dominant est la taille des cellules.

P. duplex est une des espèces du genre les plus répandues dans notre région et l'une des plus polymorphes; c'est chez elle que j'ai d'abord constaté l'influence de l'âge et du milieu sur la grandeur

des lacunes du disque: c'est l'un des caractères les plus utilisés par les systématiciens. Les variétés *clathratum* Br., *reticulatum* Lag. désignent des formes à grandes lacunes; les variétés *genuinum* Br., *gracillimum* West s'appliquent aux formes types à lacunes moyennes; la variété *microporum* Br. désigne les formes à petits méats.

La figure 1 représente une colonie mère et une colonie fille, cette dernière encore entourée de sa vésicule. La colonie mère a les



FIG. 1. — *P. duplex*, $\times 750$. Vieux cénobe en voie de multiplication. — Cher.

FIG. 2. — *P. duplex*, $\times 1000$. Très jeune cénobe. — Cher.

cellules renflées et massives et les méats sont petits; c'est le type *microporum*. La colonie fille a toutes ses cellules formées de quatre bras minces cylindriques égaux, soudés les uns aux autres par leurs extrémités, et laissant entre eux des lacunes relativement grandes. Un peu plus âgée et débarrassée de sa vésicule (fig. 2), la jeune colonie présente les caractères suivants :

diamètre	52 μ
hauteur de la cellule du pourtour.....	12 μ
longueur de la pointe (moyenne).....	7 μ
diamètre moyen des lacunes.....	7 à 8 μ

Cette jeune colonie appartient au type *reticulatum* Lag., ou *clathratum* Br. Les lacunes sont grandes, le diamètre d'une lacune égale la septième partie du diamètre de la colonie; les cellules du pourtour sont longues, leur longueur atteignant presque la cinquième partie du diamètre total; les pointes sont bien développées (longueur de la pointe = $1/7,5$ du diamètre de la colonie); elles sont cylindriques, nullement renflées, tronquées et entièrement vertes.

Toutes mes observations concordent sur ce point: dans toutes les stations visitées, quelle que soit la forme des cellules de la colonie mère, les jeunes cénobes planctoniques, dont la taille est inférieure à $60\ \mu$ en moyenne, sont tous à peu près semblables, du type *reticulatum*, à pointes longues, vertes et plus ou moins cylindriques. Dans ce premier stade de développement, la croissance de la cellule du disque a consisté surtout dans l'allongement des bras; les bords de la cellule sont devenus fortement concaves, limitant de grandes lacunes. Plus tard la cellule grossit, les bords deviennent de moins en moins concaves; les lacunes diminuent de largeur.

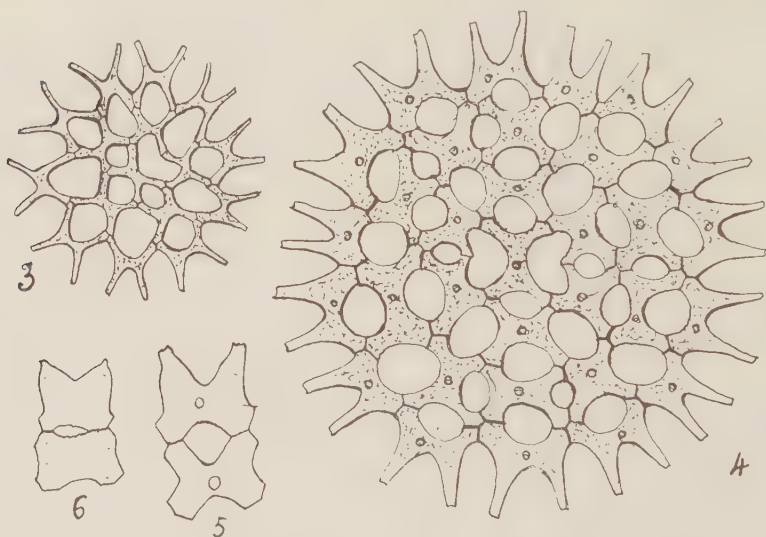


FIG. 3. — *P. duplex*, $\times 650$. Très jeune cénobe. — Étang du Jardin Botanique de Tours.

FIG. 4. — *P. duplex*, $\times 650$. Cénobe encore jeune. — Étang du Jardin Botanique de Tours.

FIG. 5. — *P. duplex*, $\times 650$. Deux cellules d'un cénobe adulte. — Étang du Jardin Botanique de Tours.

FIG. 6. — *P. duplex*, $\times 500$. Deux cellules d'un vieux cénobe. — Étang du Jardin Botanique de Tours.

C'est ce que l'on voit sur les figures 3, 4, 5 et 6 qui montrent le développement du *P. duplex* dans l'étang du Jardin botanique de Tours, où l'on trouve la plante en abondance, surtout en été et en automne. Aux premières gelées, elle disparaît très rapidement du plancton: pendant l'hiver on ne trouve plus que des colonies iso-

lées; mais leur aspect est très caractéristique: beaucoup de cellules sont vides; les cellules vertes ont leurs parois très renflées, limitant des lacunes très petites (Fig. 6).

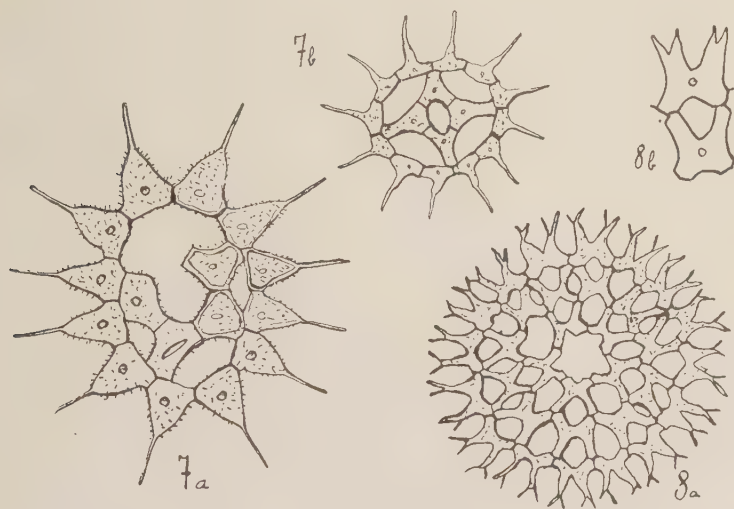


FIG. 7. — *P. simplex*, $\times 500$. a) Vieux cénobe en voie de multiplication. — Etang de Serrant. — b) Très jeune cénobe. — Etang de Serrant.

FIG. 8. — *P. biradiatum*, $\times 500$. a) Très jeune cénobe. — Etang de Serrant. — b) Deux cellules d'un cénobe adulte. — Etang de Serrant.

Les mêmes observations se font facilement sur les autres espèces à disque platré: *P. simplex* Meyen (fig. 7) et *P. biradiatum* Meyen (fig. 8). On voit par ces figures combien, chez *P. simplex* et *P. biradiatum*, la jeune colonie peut différer de la colonie adulte.

B) INFLUENCE DU MILIEU

I) Observations faites sur des cultures

Je montrerai d'abord l'influence de la vie benthique sur la grandeur des lacunes, chez *P. duplex*, *P. biradiatum*, *P. simplex*.

J'ai eu souvent l'occasion de comparer les colonies planctoniques de l'étang du Jardin botanique de Tours avec celles que je trouvais dans les cultures des récoltes provenant de cette station.

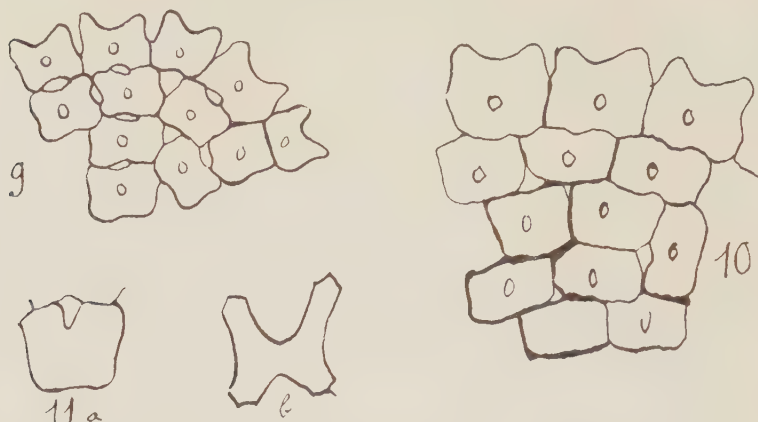


FIG. 9 et 10. — *P. duplex*, $\times 500$. — Deux portions de cénobes de culture. — Jard. bot. Tours.

FIG. 11. — *P. biradiatum*, $\times 500$. a) Une cellule du disque d'un cénobe de culture. b) Une cellule du disque d'un cénobe planctonique. — Jard. bot. Tours.

La figure 9 représente un *P. duplex* de mes cultures; il n'y a qu'à le comparer avec les cénobes des figures 4 et 5 pour constater l'influence de la vie benthique sur les grandeurs des lacunes. Plus la colonie est âgée, plus les lacunes paraissent petites: dans les vieilles cultures, les colonies qui se sont entièrement développées sur le fond se reconnaissent à leur irrégularité, leur aspect massif et l'absence presque totale des lacunes, qui ne sont plus représentées que par de petits méats (fig. 10). Je remarquai vite la convergence de forme des colonies des cultures et de celles qu'il m'arrivait de trouver l'hiver dans les vases du fond de l'étang: même diminution dans la grandeur des lacunes; alors que les récoltes de plancton contenaient la forme type, plus ou moins clathrée suivant l'âge, je voyais dans les cultures cette forme se rapprocher peu à peu des variétés *cohoerens*, *brachylobum*, *rectangulare*, *cornutum* des auteurs: ces variétés ne sont que des formes produites par la vie benthique.

De même chez *P. biradiatum*, dans les cultures, les cellules de disque deviennent plus massives et les méats plus petits; dans les formes extrêmes, les cellules internes n'ont plus que deux bras massifs, séparés par une fente, et rappellent les cellules de *P. Tetras* (fig. 11).

Enfin je me suis demandé si l'expérience ne pourrait pas confirmer l'observation, et pour cela j'ai cherché à réaliser un milieu planctonique au laboratoire: je n'ai pas complètement réussi; cepen-

dant j'ai obtenu quelques résultats en agitant mes cultures avec un courant lent de gaz carbonique; les bulles de gaz, naissant au fond du flacon et venant se dégager à la surface du liquide, maintenaient dans les couches supérieures de ce dernier une agitation suffisante pour qu'une végétation de Chlorophycées planctoniques pût s'y établir; on distinguait à l'œil nu, à la surface de la culture, une zone très verte formée par des *Pediastrum*, des *Scenedesmus* (*S. acutus*) et des *Chlorelles* (*C. vulgaris*); malheureusement les *Pediastrum* se maintenaient mal (15 jours, 20 jours au plus), ne pouvant sans doute se multiplier, soit que le gaz carbonique à haute dose leur fût défavorable, soit qu'ils fussent éliminés par les autres espèces, plus résistantes dans ce milieu.

Cependant ces cultures en milieu agité m'ont fourni quelques colonies de *Pediastrum* curieusement modifiées: je n'hésite à voir une relation de cause à effet entre la forte agitation à laquelle ont été soumises les colonies des figures 12 et 13 et les modifications que l'on constate dans la forme des cellules et dans l'organisation de la colonie.

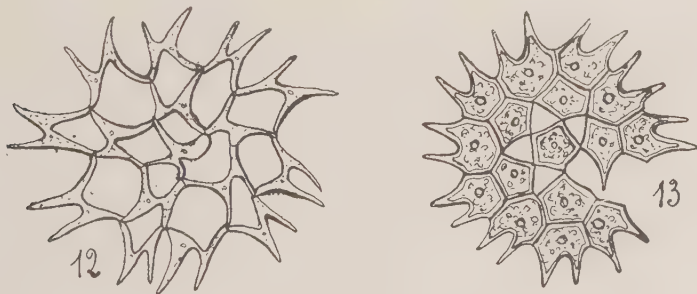


FIG. 12. — *P. duplex*, $\times 500$. Jeune cénobe de culture agitée.

FIG. 13. — *P. Boryanum*, $\times 500$. Cénobe de culture agitée.

La figure 12 représente une colonie de *P. duplex* à grandes lacunes, beaucoup plus grandes que celles des colonies qui vivent dans l'étang du Jardin botanique de Tours, d'où provenaient les cultures. Les bras des cellules sont effilés, allongés, et le corps de la cellule très réduit. La figure 13 représente un cénobe de *P. Boryanum* encore plus modifié; les cellules du disque, restées pentagonales, sont soudées par les sommets et laissent entre elles des méats triangulaires; le cercle des cellules du pourtour est interrompu; dans l'intervalle, l'une des cellules du disque a poussé une pointe verte.

Mlle WOŁOSZYŃSKA (282, p. 196, Tab. IV, fig. 10) a signalé des colonies de *P. Tetras* avec lacunes dues à la soudure par le sommet des cellules du disque et elle en a fait une nouvelle variété: *P. Tetras* (Ehr) Ralfs, var. *perforata*. Nous venons de voir quelles actions du milieu faisaient apparaître cette disposition chez *P. Boryanum*; il peut en être de même chez *P. Tetras*.

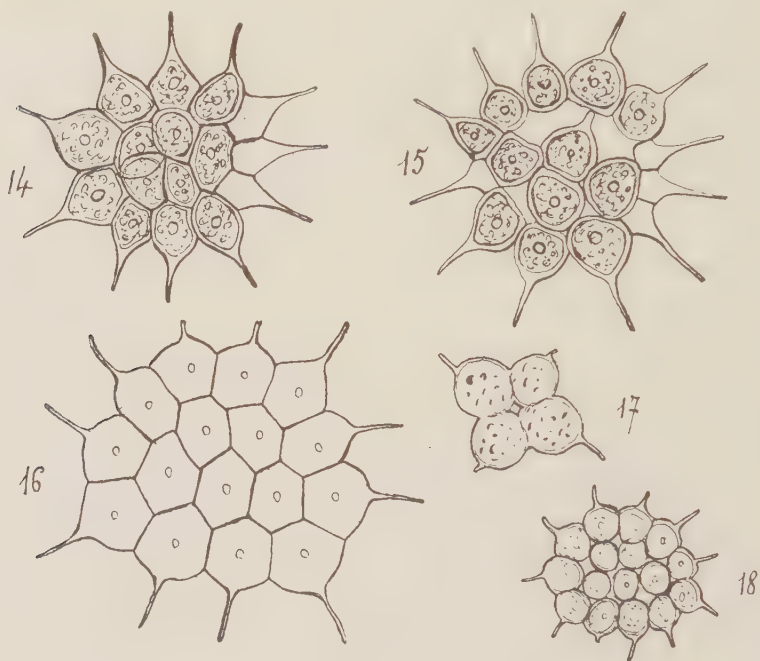


FIG. 14, 15, 16. — *P. simplex*, $\times 500$. Cénobes de cultures.

FIG. 17, 18. — *P. simplex*, $\times 500$. Cénobes de dépôts. — Cher.

Chez *P. simplex*, le passage de la vie flottante à la vie benthique produit les mêmes modifications. On peut les observer dans les cultures spontanées de récoltes planctoniques riches en jeunes colonies. Les figures 14, 15, 16 représentent des colonies observées dans des cultures de récoltes de plancton de l'étang Saint-Nicolas, à Angers. Les cellules sont grosses et arrondies; les méats, petits ou même nuls. Dans la figure 15, on voit trois cellules marginales à parois concaves, du type *clathratum*, arrêtées à ce stade de développement et vidées de leur contenu; les autres cellules encore vertes, qui ont continué à vivre dans la culture, sont grosses et rondes.

La concentration du liquide nutritif fait aussi varier la grandeur des lacunes: Mlle TROITZKAJA (250, p. 49) a constaté ce fait sur des cultures pures de *P. simplex*: en milieu nutritif liquide concentré, on obtient, d'après elle, des jeunes colonies sans méats; si l'on dilue le milieu, de manière à amener les éléments à une concentration voisine de celle qui caractérise les milieux naturels, on retrouve des jeunes colonies plus ou moins largement clathrées.

Or la concentration amène la colonie, plus légère que le milieu, à flotter en surface; là elle n'utilise plus l'agitation interne de l'eau; elle est, vis-à-vis de ce facteur, comme la colonie qui vit sur le fond: il est donc naturel de voir dans ces deux cas, où l'agitation de l'eau est nulle ou non utilisée, les lacunes diminuer et même disparaître.

Ces observations faites dans les cultures m'ont amené à rattacher à *P. simplex* des cénobes qui s'écartent tellement de la forme normale planctonique que l'on a d'abord l'impression de se trouver devant une nouvelle espèce (fig. 17, 18). Ces colonies viennent du Cher, où je les ai trouvées, en janvier 1930, sur les bords, dans des matériaux provenant du grattage de plantes submergées (*Myriophyllum* des auteurs). Les cénobes dessinés ont été les seuls observés. L'extrême rareté de cette forme aberrante m'a empêché de la considérer comme une nouvelle espèce. C'est pourtant souvent sur des échantillons uniques, ou presque, que certaines espèces ou variétés ont été créées. Mais tant qu'on n'a pas rencontré la prétendue nouveauté en population compacte et homogène, et en quantité assez grande pour qu'on puisse suivre son développement, la forme en question doit rester simple forme.

Les cénobes des figures 17 et 18 sont caractérisés par des cellules arrondies: ils se sont développés à l'état fixé. Or nous venons de voir que, dans les dépôts des cultures, les cellules s'arrondissent; d'autre part, nous verrons (troisième partie, chap. II, fig. 160) des colonies à grosses cellules enkystées et arrondies, reliées à la forme type par toutes les formes intermédiaires. Pour cette raison je réunis à *P. simplex* les rares colonies que M. DES CILLEULS (59, p. 54) a attribuées à *P. Sturmii* Reinsch dans son plancton de la Loire. Les dessins que j'en ai vus au laboratoire de Botanique de l'Université d'Angers sont comparables aux colonies de la figure 17 et n'en diffèrent guère que par la taille; leur extrême rareté et les conditions écologiques dans lesquelles M. DES CILLEULS les a décou-

vertes (dépôts boueux des bords de la Loire) analogues à celles où REINSCH découvrit son *P. Sturmii*, permettent de les considérer, jusqu'à nouvel ordre, comme des colonies de *P. simplex* enkystées et modifiées par le milieu.

II) Observations faites en milieux naturels

Nous étudierons ici l'influence de l'agitation de l'eau sur la grandeur des lacunes, et la forme de la cellule marginale chez *P. simplex*.

L'agitation de l'eau est produite par le mouvement de l'air en contact avec la surface de l'eau; ce mouvement se communique à la couche supérieure du liquide et s'étend en profondeur; il n'atteint pas le fond, dont les couches, au contact du sol, sont immobiles; mais il se réfléchit sur ces dernières et les phénomènes d'interférence se produisent d'autant plus que la masse d'eau est plus considérable et la profondeur plus grande; donc, l'agitation de l'eau, causée par l'agitation de l'air, croît comme cette dernière et aussi comme l'étendue et la profondeur de la masse d'eau.

Les colonies de *Pediastrum* sont évidemment organisées pour flotter dans l'eau, en utilisant son agitation. L'aptitude d'une colonie à flotter est directement proportionnelle à sa surface s et en raison inverse de son poids p : $f = k \frac{s}{p}$. Les cellules de la colonie sont aplaties et celles du bord portent des pointes, afin d'augmenter s ; le disque est souvent plus ou moins clathré, afin de diminuer p , et il aura tendance à être d'autant plus clathré, donc plus léger, qu'il sera plus grand, donc plus lourd.

Les auteurs admettent généralement que l'agitation de l'eau développe l'aptitude à flotter, c'est-à-dire que les eaux agitées favorisent la formation de grandes lacunes et de longues pointes. WESENBERG-LUND, par exemple, (253, résumé anglais p. 23) constate que chez *P. duplex* et *simplex* les variations portent sur les cellules du disque en forme d'*X*, avec lacunes plus ou moins grandes, et sur les pointes plus ou moins longues; que ces variations vont dans le même sens, c'est-à-dire que les longues pointes vont avec les grandes lacunes, et qu'elles constituent comme ces dernières une adaptation au flottement dans la région pélagique. S'il en est ainsi, les colonies

fixées n'auront que des lacunes petites ou nulles, et, dans les étangs et les mares, les formes de passage seront abondantes entre les formes clathrées et les formes pleines.

C'est ce que l'observation confirme complètement.

COLONIES BENTHIQUES

Considérons les cénobes des figures 19 et 20; ce sont des colonies benthiques de *P. simplex*, qui se sont multipliées et ont végété sur des feuilles submergées et qui, par conséquent, doivent présenter un minimum d'adaptation au flottement. Elles proviennent de la collection WITTRICK et NORDSTEDT (295, n° 235); la récolte a été faite par THURET et provient du grattage de feuilles submergées, à Rentilly, près de Paris. Elle est d'une extrême richesse en *P. simplex*. Les colonies sont petites, à pointes relativement courtes, et, dans la proportion de 3 sur 4, 8-cellulaires ($7 + 1$). On trouve aussi des colonies à 4 cellules, des colonies 8-cellulaires ($8 + 0$) et des colonies 16-cellulaires ($11 + 5$). On remarque que les colonies adultes sont pleines ou n'ont que d'imperceptibles méats (fig. 20).

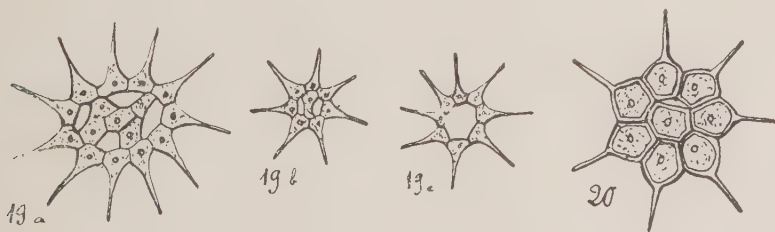


FIG. 19, 20. — *P. simplex*, $\times 500$. Cénobes benthiques, jeunes et adulte. — Récolte de Thuret à Rentilly.

On pourrait objecter que les jeunes colonies sont clathrées; mais, d'abord, les lacunes sont petites, ce qui s'accorde avec l'absence de flottement; ensuite, si l'on compare entre elles des jeunes colonies benthiques (fig. 19 a, b, c) avec des jeunes colonies planctoniques (fig. 7 b et 22), on ne voit entre elles que de légères différences: lacunes ne différant que par la taille; même aspect des cellules du disque, allongées en forme d'arcs-boutants, avec paroi concave; cellules marginales avec pointes fines à bords concaves.

Il ne peut venir à l'idée de personne de mettre des noms diffé-

rents sur ces colonies: celles de la figure 19 *a, b, c* perdront leurs lacunes et donneront des colonies semblables à celles de la figure 20, conformément à leur condition de colonies fixées; celle de figure 7 *b* se développera en conservant des lacunes assez grandes (fig. 7 *a*), conformément à sa condition de colonie flottante.

C'est donc sur les jeunes colonies qu'on saisit la tendance spécifique du *P. simplex* à produire des colonies clathrées, tendance qui s'épanouit plus ou moins dans la vie planctonique, mais qui est contrariée par la vie benthique. Tous les cénobes passent par un stade de jeunesse plus ou moins clathré: c'est le caractère ancestral héréditaire qui apparaît à ce moment là, mais qui pourra être plus ou moins masqué par des actions de milieu; les colonies des figures 7 *a, b* et 20, où LEMMERMANN distinguerait du *P. clathratum*, du *P. ovatum*, du *P. Sturmii*, appartiennent à la même espèce, *P. simplex*.

COLONIES PÉLAGIQUES

On peut faire la même observation en comparant des colonies flottantes, provenant de masses d'eau différant l'une de l'autre par l'étendue, la profondeur et l'agitation de l'eau. La jeune colonie 8-cellulaire de la figure 22 se retrouve partout: dans les masses d'eau étendues (Etang Saint-Nicolas, à Angers), dans les petits étangs (Jardin botanique de Tours), dans les dépôts (coll. WITTRÖCK et NORDSTEDT, n° 235). La colonie adulte de la figure 23, tout-à-fait exceptionnelle dans le plancton des grands étangs, représente la seule forme qu'on trouve, par exemple, dans le petit étang du Jardin botanique de Tours; au contraire les cénobes des figures 24 et 25 n'y paraissent jamais, mais dominant à l'Etang Saint-Nicolas (fig. 24) ou à l'étang de Serrant (fig. 25).



FIG. 21. — *P. simplex*, $\times 500$. Schématique. Variation de la forme de la cellule marginale avec l'âge et le milieu: a) *clathratum*; b) *simplex*; c) *ovatum*; d) *Sturmii*.

P. simplex végète surtout, à l'état planctonique, dans les masses d'eau étendues, comme l'Etang Saint-Nicolas et l'étang de Serrant,

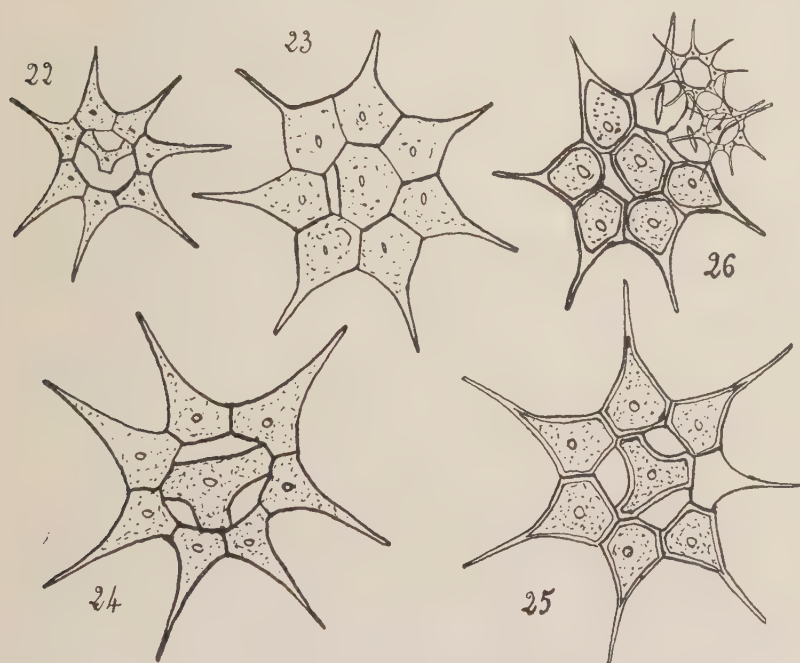


FIG. 22. — *P. simplex*, $\times 650$. Jeune cénobe, forme ordinaire.

FIG. 23. — *P. simplex*, $\times 650$. Cénobe adulte. — Jardin botanique de Tours.

FIG. 24. — *P. simplex*, $\times 650$. Cénobe adulte. — Etang Saint-Nicolas, Angers.

FIG. 25. — *P. simplex*, $\times 650$. Cénobe adulte. — Etang de Serrant.

FIG. 26. — *P. simplex*, $\times 500$. Vieux cénobe en voie de multiplication.

où il est très abondant; dans ces stations, les colonies sont presque toutes clathrées; mais la grandeur des lacunes est variable: on trouve tous les passages entre les colonies largement clathrées et les colonies à disque plein, qui font ici figure de type extrême et d'exception (fig. 27 et 30).

On remarquera, dans les figures 21 *a*, *b*, *c*, *d* et 27 à 30, le changement de forme de la cellule marginale, qui accompagne les variations de grandeur du disque et des lacunes. La cellule du disque se modifie aussi; mais c'est sur les différentes formes de la cellule marginale que les auteurs fondent leurs espèces et leurs variétés: le type *clathratum*, au corps cellulaire bas et large, se trouve dans les colonies à grandes lacunes (fig. 21 *a*, 27); les colonies du type *ovatum*, avec la base de la pointe renflée, portent ordinairement des plus petites lacunes; les types *simplex* et *Sturmii*, à corps cellulaire

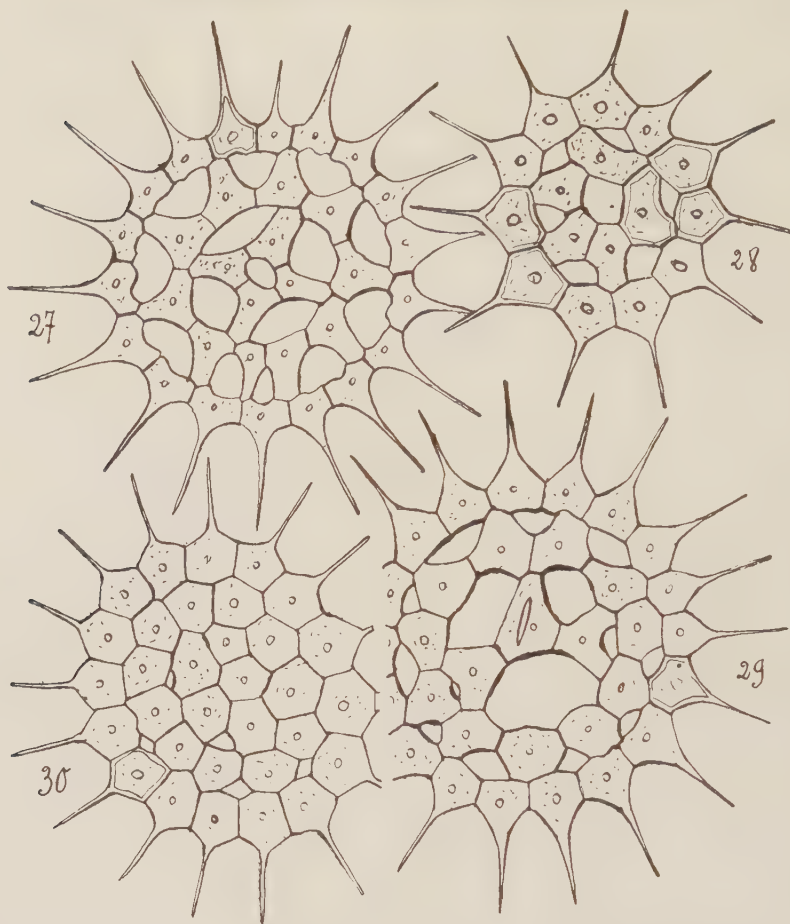


FIG. 27.— *P. simplex*, $\times 500$. Cénobe encore jeune. — Saint-Nicolas.

FIG. 28. — *P. simplex*, $\times 500$. Cénobe adulte. — Saint-Nicolas.

FIG. 29. — *P. simplex*, $\times 500$. Cénobe adulte. — Loire.

FIG. 30. — *P. simplex*, $\times 500$. Cénobe âgé. — Loire.

haut et étroit, sont souvent sans lacunes, ou avec seulement de petits méats (fig. 21, *d*, *e*, *f*, 30).

Or, si l'on considère les lacunes comme une adaptation au flottement, on peut admettre que leur grandeur varie d'une colonie à l'autre, suivant l'agitation à laquelle la colonie a été soumise. L'examen des figures 27 à 30 montre alors que cette variation de la grandeur des lacunes entraîne celle de la cellule marginale en hauteur et en largeur; si donc la première est due à des actions de

milieu, la seconde leur est due aussi. Il en résulte que ni la grandeur des lacunes, ni la forme de la cellule marginale ne sont des caractères fixes et héréditaires.

COLONIES DU TYPE *radians*

Ce résultat est particulièrement facile à saisir au simple examen des colonies 8-cellulaires, par $8 + 0$. Cette disposition est particulière au *P. simplex* et se rencontre assez souvent. LEMMERMANN rattache les cénobes sans cellules intérieures au *P. simplex* (Meyen ex p.) Lemm. ou au *P. Sturmii* Reinsch, suivant la forme des cellules (bords concaves ou convexes), et en fait les variétés *radians* de ces espèces.

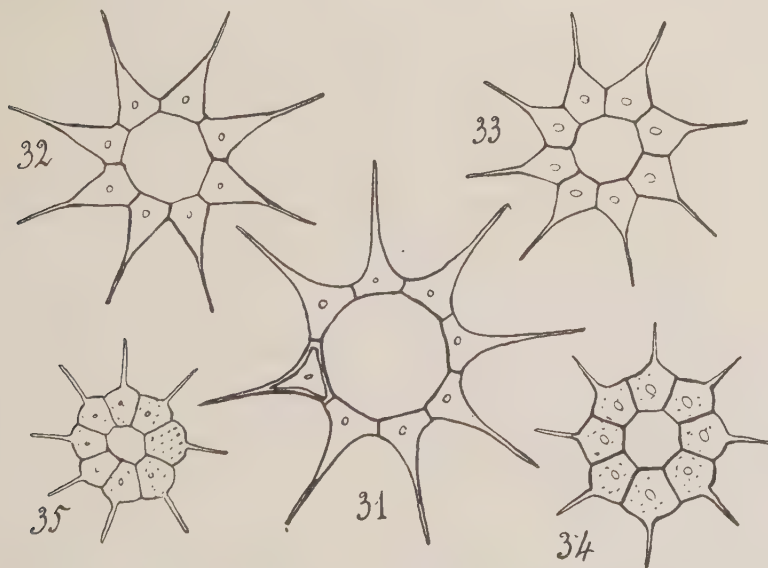


FIG. 31 à 35. — *P. simplex*, $\times 500$. Forme *radians*. 31 : Saint-Nicolas; 32 : Serrant; 33 : Cher; 34 : Jard. bot. de Tours; 35 : Rentilly (Thuret).

Remarquons d'abord que la disposition *radians* n'est pas héréditaire, pas plus d'ailleurs qu'aucune autre disposition, comme je l'ai souvent constaté. La figure 26 représente une colonie mère 8-cellulaire, par $7 + 1$, avec deux colonies filles de 8 cellules, l'une par $7 + 1$, l'autre par $8 + 0$. Les cellules du pourtour des colonies filles ont les bords très concaves, ceux des cellules de la colonie mère

sont sensiblement rectilignes ; les jeunes cénobes sont du type *clathratum* ; la colonie mère se rapproche du type *simplex* de LEMMERMANN, les lacunes sont petites ; tout cela, conformément à l'action de l'âge,

On voit ensuite que les jeunes colonies de forme *radians*, par $8 + 0$, sont toutes semblables, qu'elles proviennent du plancton des grands étangs, comme celle de la fig. 26 (Saint-Nicolas), ou du gramage des feuilles submergées, comme celle de la fig. 19 c.

Or les différentes formes de cellules décrites précédemment se rencontrent toutes sur les cénobes adultes d'organisation *radians* (fig. 31 à 35). Chacune est en relation avec la *grandeur de la lacune centrale*, laquelle varie suivant les stations. Toutes choses égales d'ailleurs, et sous réserve de l'action inconnue de certains facteurs, la grandeur de la lacune croît avec l'étendue et la profondeur de la masse d'eau, soit avec l'agitation des couches superficielles de l'eau ; la base de la cellule est d'autant plus large et d'autant moins haute que la lacune est plus grande. La fig. 31 représente une forme d'étangs étendus et profonds, aux eaux agitées ; les colonies des figures 32, 33 et 34 viennent de masses d'eau moins importantes ; la fig. 35 représente un cénobe qui s'est développé fixé ; la colonie figurée en 19 c en est la forme jeune, semblable aux cénobes de la fig. 26, qui représentent la forme jeune du cénobe de la fig. 31. C'est le milieu qui a différencié les jeunes colonies primitivement semblables, au point de les faire prendre pour des espèces différentes. Quant aux parois libres, elles sont concaves (fig. 31), rectilignes (fig. 32, 33), convexes (fig. 34, 35) : c'est, nous le verrons, une question d'âge ; les colonies des fig. 32 et 33 atteindront plus tard le stade *ovatum* des auteurs.

Toutes les formes de passage se rencontrent entre les quatre types de cellules ; il semble plus sage de les rapporter à une seule et même espèce, *P. simplex* Meyen, et d'attribuer les différences de forme à des actions de milieu, auxquelles s'ajoutent, au cours du développement, les modifications dues à l'âge.

D'ailleurs mon maître, M. BIORET, avait constaté avant moi les difficultés et les contradictions auxquelles on se heurte, quand on veut appliquer aux *P. simplex* la systématique de LEMMERMANN (133, p. 180 ; 136, p. 114 ; 148, p. 131), qui admet quatre espèces, ou celles de NITARDY (162, p. 176), BERGE (37, p. 9), VAN OYE (170, p. 6), MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, p. 23), qui admettent deux espèces.

Comparons par exemple, les colonies des figures 36 *a*, *b*, *c*; elles ne diffèrent que par l'organisation, $8 + 0$ d'une part, $7 + 1$ de l'autre; d'après LEMMERMANN, on aurait deux espèces différentes: fig. 36 *a*, *P. simplex* (Meyen ex p.) Lemm., var. *radians*; fig. 36 *b*, *P. clathratum* (Schr) Lemm. L'organisation n'étant pas héréditaire (fig. 26), les deux colonies doivent être rapportées à la même espèce. Si l'on considère en plus la colonie 36 *c* et si l'on suit LEMMERMANN, on rattachera la colonie à la même espèce que celle de la fig. 36 *a*, *P. simplex* (Mey. ex p.) Lemm.; pourtant elle en diffère plus que de la colonie de la fig. 36 *b*, qui reste attribuée à une espèce différente, *P. clathratum* (Schr.) Lemm. Cette colonie de la fig. 36 *c* peut être attribuée avec autant de raisons à l'une ou à l'autre des différentes espèces du groupe des *simplex*: les méats sont petits, mais ils existent; si l'on en tient compte, il faut déterminer *P. clathratum*, d'autant que les parois externes des cellules marginales sont concaves; mais si l'on n'en tient pas compte, on peut déterminer *P. simplex* (Mey. ex p.) Lemm., d'autant mieux que le corps cellulaire de la cellule marginale est étroit et haut.

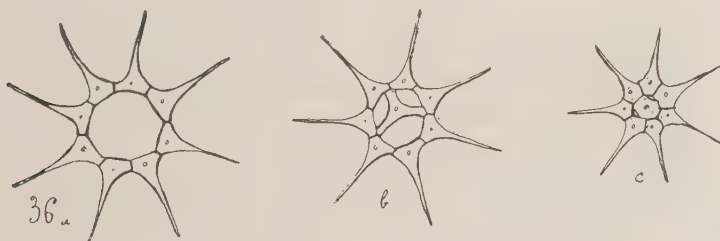


FIG. 36. — *P. simplex* $\times 500$. Trois formes que Lemmermann nommerait: *a*) *P. simplex*, var. *radians*; *b*) *P. clathratum*; *c*) *P. simplex*, var. *microporum*.

Ces difficultés font le désespoir des débutants et même des professionnels: ainsi SCHRÖDER (209, p. 169, fig. 9, 10), déterminant les *P. simplex* provenant du lac Ochrida (Macédoine), signale une forme intermédiaire (sa figure 10) granuleuse, à parois rectilignes, qu'il ne sait à quelle espèce rapporter: je l'ai reproduite ici (fig. 37 *c*). Cette forme correspond à un stade de vieillesse (parois rectilignes et granulations) de la forme *a*. La forme *b* se rencontre sur les colonies à disque plus petit, ou à lacunes petites ou nulles: c'est, elle aussi, une forme de vieillesse (parois convexes, granulations). Les trois formes appartiennent à la même espèce; il est vain de vouloir faire des coupures: il se trouvera, toujours et partout, des formes de passage qu'on ne saura où placer.

37



b



FIG. 37. — *P. simplex*. Diverses formes de la cellule marginale, d'après Schroeder.

Note : J'ai trouvé assez souvent, dans le petit étang du Jardin botanique de Tours et dans la Loire, des colonies de *P. Boryanum* portant de petits méats, limités par deux cellules ; ils sont dus le plus souvent au décollement et à l'incurvation de la partie externe de la membrane des cellules du disque (fig. 38 et 38 bis : je ne vois pas là une action de milieu, mais un simple défaut de soudure entre deux cellules ; par conséquent la variété *perforatum* de RACIBORSKI, maintenue cependant par NITARDY (162, p. 179) et par BRUNNTHALER (50, p. 100), me paraît une dénomination absolument sans objet.

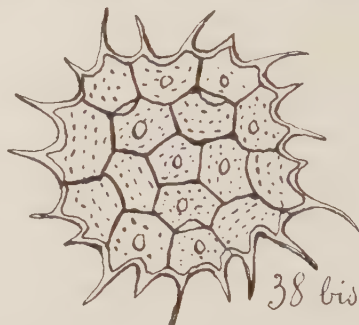
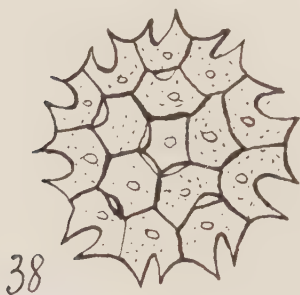


FIG. 38 — *P. Boryanum*, $\times 750$. Forme planctonique aberrante. — Jard. bot. de Tours.
FIG. 38 bis. — *P. Boryanum*, $\times 750$. Forme benthique. Jard. bot. de Tours.

CONCLUSION

En résumé, dans une station donnée, au même niveau et dans la même période de végétation, en un mot dans les mêmes conditions de vie, les lacunes sont d'autant plus grandes, relativement, que la colonie est plus jeune. Quand les colonies passent de la vie planctonique à la vie benthique, les lacunes tendent à disparaître ; leur grandeur augmente, au contraire, avec l'agitation de l'eau. Il faut

tenir compte de ces faits, sous peine de donner à la colonie fille un nom différent de celui que l'on donne à la colonie mère.

Je ne prétends pas dire par là que dans tous les cas examinés, chez *P. duplex* par exemple, les jeunes colonies issues soit d'une forme nettement *microporum*, soit d'une forme plus ou moins *reticulatum*, seront toujours absolument identiques; mais je veux dire qu'à ce stade juvénile les colonies présentent si peu de différences qu'il ne peut venir à l'idée de personne de leur donner des noms différents.

Dans un mémoire récent, Miss HUTCHINSON et ses collaboratrices (113 bis, p. 107), tout en admettant que les variétés de *P. duplex* sont un peu arbitraires, pensent que les dimensions des lacunes, dans les cénobes de cette espèce, sont en relation avec le *pH*. « Il n'est pas douteux que, dans l'Afrique du Sud, les formes à grandes lacunes (var. *reticulatum*) se rencontrent dans les eaux neutres, tandis que les formes à petites lacunes (*duplex* typ.) se trouvent dans les eaux plus alcalines; la forme intermédiaire (var. *clathratum*) occupe une large série d'habitats, d'ordinaire de concentration intermédiaire ». L'échelle du *pH*, dans les eaux de la région que j'ai eu l'occasion d'étudier, est malheureusement trop peu étendue pour que je puisse me faire une idée exacte de l'influence de ce facteur particulier. Etant donné l'influence certaine de l'âge et de l'agitation de l'eau sur la grandeur des lacunes, j'ai peine à croire que le *pH* ait une importance comparable. Les auteurs du mémoire en question n'ont pas tenu compte de l'étendue des masses d'eau étudiées. Pour ma part, si je m'en rapporte aux *P. duplex* de quelques grands étangs angevins, comparables par l'étendue et l'agitation de l'eau, mais de *pH* variés (Etang Saint-Nicolas, *pH* = 7; Etangs de Serrant et de Cheigné, *pH* = 7,5; Etangs du Grand Malaguet et du Bellai, *pH* = 8), il m'est impossible de constater une différence sensible dans les cénobes de *P. duplex*, jeunes ou adultes, planctoniques, d'une station à l'autre.

CHAPITRE DEUXIEME

ECHANCRURE EXTERNE DE LA CELLULE MARGINALE

Chez les espèces à deux pointes et à disque plein, les deux pointes de la cellule marginale sont séparées par une échancrure de profondeur variable. Chez *P. Boryanum* typique, elle vient se terminer par un angle aigu, au niveau de la naissance de la pointe; dans les variétés *brevicornis*, *divergens*, *integriforme*, sa profondeur est moins grande que dans la forme type; quand elle est remplacée par une ligne droite, on a le *P. muticum* Kütz.; par une ligne courbe convexe, le *P. integrum* Näg. Chez *P. angulosum*, l'échancrure, largement ouverte, a une profondeur supérieure à la hauteur de la pointe; mais elle disparaît presque dans la variété *impeditum*. J'étudierai la variation de l'échancrure chez *P. Boryanum* et chez *P. angulosum*.

I. INFLUENCE DE L'AGE

A) *P. Boryanum*

Cette espèce abonde à la belle saison dans le petit étang du Jardin botanique de Tours, ce qui m'a permis de suivre facilement, à plusieurs reprises, son développement.

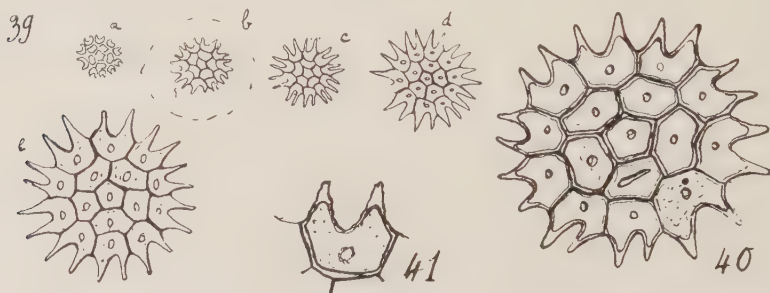


FIG. 39 à 41. — *P. Boryanum*, $\times 500$. Stades successifs du développement d'un cénobe planctonique. — Jard. bot. de Tours.

Le jeune cénobe a des pointes assez longues et vertes (fig. 39 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*). Dans les colonies adultes, on voit la pointe se diviser peu à peu en deux parties: le sommet hyalin, la base verte; l'ensemble reste plus ou moins conique (fig. 40, 41); puis, à mesure que la colonie vieillit et grossit, la partie hyaline de la pointe se détache, cylindrique et tronquée, de la base, ou lobe vert: celui-ci s'élargit peu à peu et se confond sensiblement avec le corps de la cellule (fig. 42). Chez les plus vieilles colonies, le lobe vert est à peine visible (fig. 43); quelquefois même il disparaît complètement; la pointe hyaline, plus ou moins longue, surmonte alors directement le corps cellulaire (fig. 44).

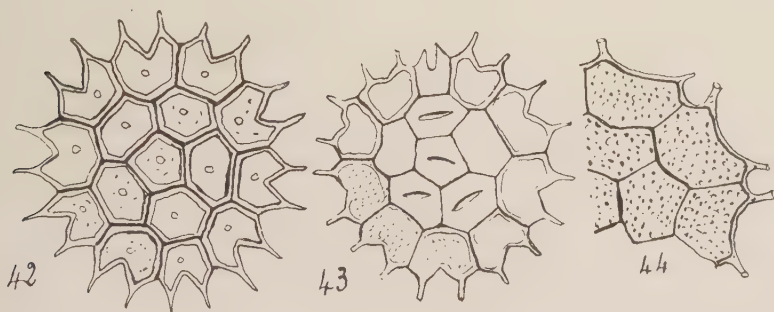


FIG. 42. — *P. Boryanum*, $\times 500$. Cénobe planctonique adulte. — Jard, bot. de Tours.

FIG. 43. — *P. Boryanum*, $\times 500$. — Cénobe âgé en voie de multiplication. — Jard, bot. de Tours.

FIG. 44. — *P. Boryanum*, 750. Vieux cénobe en voie d'enkystement. — Jard, bot. de Tours.

Les mesures ci-dessous permettent de se rendre compte du développement de la cellule du pourtour; elles ne veulent pas dire que, pour une taille donnée, dans une colonie d'un nombre de cellules donné, la cellule marginale aura toujours la même forme et sera toujours au même point de son développement; les colonies adultes et vieilles peuvent certainement avoir des dimensions très différentes, surtout d'une station à l'autre et suivant l'époque de l'année; mais ces mesures montrent des modifications, dans la forme de la cellule marginale, consécutives à la croissance de la colonie; ces modifications, à elles seules, sont donc des caractères donnant des indications sur l'âge de la plante.

Colonies 16-cellulaires (10 + 5 + 1) :

d = diamètre du cénobe (pointes comprises) ;

h = hauteur totale de la cellule marginale ;

p = hauteur de la pointe (partie libre de la cellule) ;

l = largeur de la cellule marginale à la base des lobes ;

(les mesures sont données en μ)

d	26	42	60	70	77	85	98
h	6	11	15	16	17	18	24
p	3	6	7	8	8	8	7
l	4,5	7	9,5	11	12,5	15	24

De l'examen des mesures et des dessins qui précèdent, on peut tirer la loi suivante: la profondeur de l'échancrure entre les deux pointes diminue au fur et à mesure de la croissance de la colonie.

La forme de la cellule marginale se modifiant avec l'âge, on peut, à ce point de vue, rapporter les colonies du bassin du Jardin botanique de Tours à 4 formes, reliées entre elles par toutes les formes de passage (fig. 45).

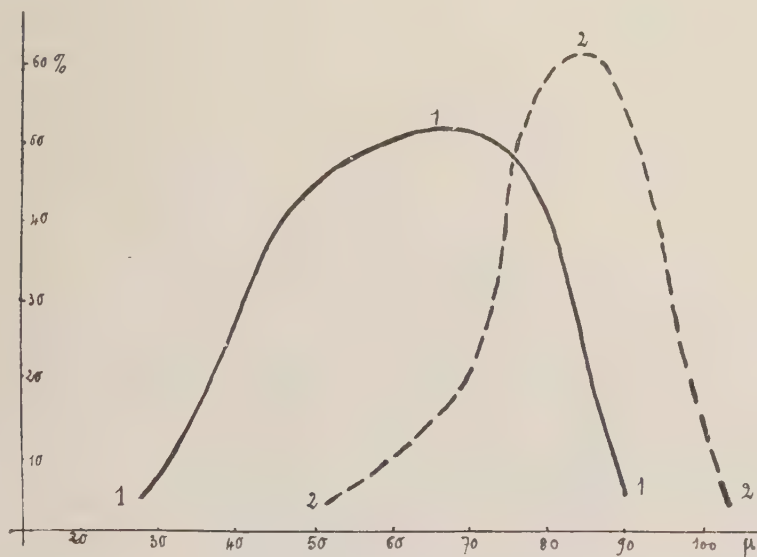


FIG. 45. — *P. Boryanum*, $\times 750$. Variations, avec l'âge, de la forme de la cellule marginale. — Jard. bot. de Tours.

Les deux premières formes sont du *P. Boryanum* type, la troisième rappelle le *P. muticum* Ktze. et la quatrième le *P. integrum* Näg. Mais ces formes sont très loin d'être également abondantes; pour donner une image parfaite de la variation de l'échancrure de la cellule marginale, nous allons considérer les modifications de l'aspect général des colonies suivant les saisons, ce qui revient encore, on le verra, à étudier le facteur âge.

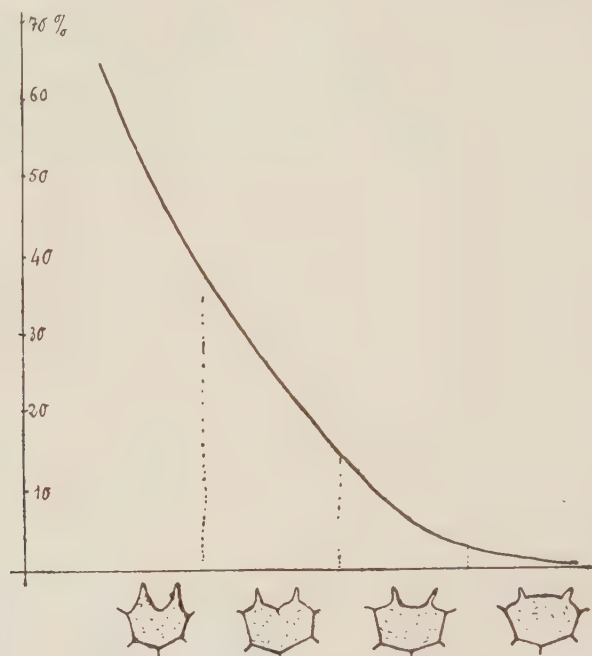
En mai et juin, quand la multiplication végétative est active et les jeunes cénobes abondants, les colonies les plus grosses ne dépassent pas 90 μ et les cellules marginales sont presque toutes de la

forme 1 ou de la forme 2. La courbe 1, qui exprime la répartition des colonies en fonction de la taille, montre que ce sont les colonies de 70 à 80 μ qui sont les plus nombreuses; au contraire, en hiver, les jeunes colonies sont rares, les cénobes grossissent sans se multiplier. Les cénobes de 85, 90 μ sont nombreux et l'on en trouve de 100 μ et plus (courbe 2).



Courbes 1 et 2. — *P. Boryanum*. Pourcentage des cénobes 16 - cellulaires d'après leur taille (diamètre en μ). Jardin botanique de Tours : Printemps-été (courbe 1); hiver (courbe 2).

Or c'est dans les plus grosses colonies, à granulations abondantes, que l'on voit quelquefois des cellules marginales qui s'écartent de la forme type, pour se rapprocher des formes *muticum* et *integrum*; mais les colonies que l'on peut nettement rattacher à ces formes sont toujours très rares, surtout au printemps. La courbe 3 montre la répartition des colonies en fonction de la forme de la cellule marginale; par leur caractère d'exception, et aussi à cause des formes de passage qui les relient aux formes type 1 et 2, les formes 3 et 4 ne peuvent être attribuées qu'à des variations individuelles, dues à l'âge des colonies; ce ne sont ni des espèces différentes, ni des variétés du *P. Boryanum*.



Courbe 3. — *P. Boryanum*. — Pourcentage des cénobes d'après la forme de la cellule marginale. — Étang du Jardin Botanique de Tours.

Dans toutes les stations où végète *P. Boryanum*, j'ai toujours rencontré, dans le plancton, ces formes à l'état d'exception ; or, *P. Boryanum* vit toujours en troupes plus ou moins fournies ; dans un étang donné, à une époque donnée, l'espèce est représentée par des colonies nombreuses, différentes par la taille, par le nombre des cellules et par quelques autres détails secondaires, mais réunissant assez de caractères communs, pour qu'on ne soit pas tenté de les confondre avec les colonies d'espèces morphologiquement voisines, vivant dans le même milieu. L'abondance des colonies de divers âges, on l'a vu, permet de suivre les divers stades et les modifications qu'ils comportent. Ces modifications sont progressives et les types extrêmes sont reliés aux types moyens par tous les intermédiaires. Donc quand on trouve une colonie de forme aberrante, forme *muticum*, forme *integrum*, et qu'on voit la relation qui l'unit aux colonies normales de *P. Boryanum*, il est impossible de la rattacher à une espèce différente.

B) *P. angulosum*

Chez *P. angulosum*, la cellule marginale ne porte jamais de pointes nettement détachées comme chez *P. Boryanum* ; l'échancrure externe, plus ou moins profonde est toujours arrondie. Nous allons voir la cellule marginale se modifier beaucoup avec l'âge. Les comparaisons porteront uniquement sur des colonies 64-cellulaires provenant d'une même station, l'étang de Serrant, à Saint-Georges-sur-Loire, et récoltées à la surface de la masse d'eau. Ces colonies ont le plus souvent 20, 21 et 22 cellules au pourtour, plus rarement 19 et 23 ; 21 est le nombre moyen qui apparaît le plus souvent.

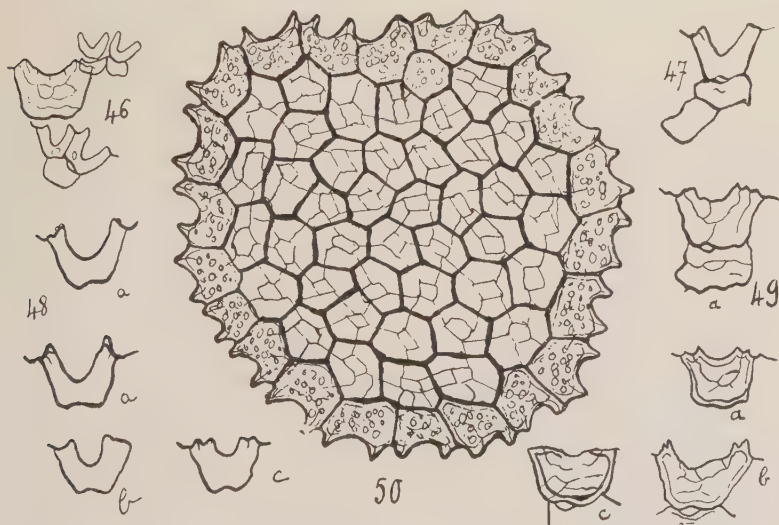


FIG. 46 à 50 — *P. angulosum* $\times 500$. Variations, avec l'âge de l'échancrure de la cellule marginale. — Etang de Serrant.

a) *Stade juvénile*. — La figure 46 représente, en haut, 4 cellules, dont deux marginales, d'une colonie 64-cellulaire de diamètre total égal à 46μ ; en bas, 3 cellules, dont deux marginales, d'une colonie à 64 cellules de 60μ de diamètre : ce sont deux colonies filles ; on a représenté, au centre, une cellule marginale de la colonie mère, dont le diamètre était de 130μ . La plus petite colonie a fourni les données suivantes :

diamètre de la colonie.....	46 μ
hauteur de la cellule du pourtour.....	8 μ
diamètre moyen du disque.....	30 μ
largeur de la cellule du pourtour.....	4 à 5 μ
rapport de la hauteur de la cellule marginale à sa largeur :	

8
 $\frac{8}{4,5}$, soit presque 2.

L'autre colonie fille a donné :

diamètre de la colonie.....	60 μ
hauteur de la cellule du pourtour.....	10 μ
diamètre moyen du disque.....	40 μ
largeur de la cellule marginale.....	6 μ
rapport de la hauteur de la cellule marginale à sa largeur :	

10 $\frac{5}{6}$
 $\frac{10}{6} = \frac{5}{3}$.

La cellule marginale est donc presque deux fois plus haute que large; l'échancrure est profonde, mais étroite et très peu évasée, et donne à la cellule la forme d'un tube en U; les lèvres de l'échancrure ne sont pas proéminentes, elles sont lisses, entièrement vertes, ne portent aucune dent, ni aucune concrétion pectique; le pyrénioïde est souvent visible à la base de la cellule, dont la membrane n'est nullement ridée.

b) *Stade adulte*. — La figure 47 représente une colonie plus grande: le diamètre est de 100 μ . On a :

hauteur de la cellule marginale.....	13 μ
diamètre moyen du disque.....	75 μ
largeur moyenne de la cellule du pourtour.....	11 à 12 μ
rapport de la hauteur de la cellule marginale à sa largeur :	

13
 $\frac{13}{11}$.

Si l'on compare ces chiffres aux précédents, on voit que la cellule marginale s'est peu développée en hauteur (de 10 à 13 μ), mais s'est beaucoup élargie (de 6 à 11 ou 12 μ), aussi l'échancrure paraît-elle moins profonde; elle s'est évasée, ses lèvres commencent à devenir saillantes, et on aperçoit une petite excroissance pectique, qui commence à les recouvrir.

Les cellules marginales, à ce stade, diffèrent d'une colonie à l'autre, bien plus qu'au stade précédent; la lèvre de l'échancrure est plus ou moins saillante (fig. 48 *a*), plus ou moins large (fig. 48 *b*), simple ou dentée (fig. 48 *c*); mais les concrétions pectiques sont peu développées, les membranes sont minces et non plissées; on distingue quelquefois un pli qui commence à se former sur la lèvre (fig. 48 *c*).

c) Stade de vieillesse. — La figure 50 représente une colonie de 135 μ , à membranes épaisses et convertes de plis anastomosés, bien visibles surtout sur les cellules marginales, qui se sont vidées: j'ai obtenu les mesures suivantes:

hauteur de la cellule marginale.....	20 μ
diamètre moyen du disque.....	100 μ
largeur moyenne de la cellule marginale.....	15 μ
rapport de la hauteur de la cellule marginale à sa largeur :	
20 4	
— = —.	
15 3	

Si l'on compare ces mesures aux mesures précédentes, on constate que, tandis que la cellule marginale croissait de 8 à 20 μ en

5	7,5
---	-----

hauteur (rapport: $\frac{5}{2}$), sa largeur passait de 4 à 15 μ (rapport: $\frac{7,5}{2}$).

C'est ce qui explique pourquoi l'échancrure devient de plus en plus évasée et de moins en moins profonde; elle peut même finir par disparaître presque complètement et être remplacée par une ligne légèrement concave. Seules les lèvres restent saillantes; mais elles prennent des formes très diverses: tantôt elles ressemblent à des pointes pectiques larges et courtes (fig. 50); tantôt elles constituent deux fortes saillies plissées (fig. 49 *b*); tantôt elles sont larges, aplaties et lisses (fig. 49 *c*); tantôt elles sont subdivisées par deux ou plusieurs dents (fig. 49 *a*); mais comment décrire toutes les formes? Dans les vieilles colonies, la forme du bord externe de la cellule marginale ainsi que les ornements des membranes varient d'un individu à l'autre. C'est pourtant sur ces variations que RACIBORSKI a établi ses variétés *loevigatum*, *araneosum*, *impeditum*, *gyrosum*, *Haynaldii* et *rugosum*; à part cette dernière variété, que je n'ai jamais vue (elle est caractérisée par des granulations, tandis qu'à Serrant l'organisme est toujours lisse ou plissé), les autres ne

sont pas autre chose que des formes d'âge et ne représentent que des variations individuelles: on peut les trouver toutes à Serrant et bien d'autres encore, pour lesquelles j'aurais pu créer bien plus de noms que RACIBORSKI, si je ne m'étais rendu compte qu'en le faisant je perdais mon temps à décrire des individus.

II. INFLUENCE DU MILIEU

1. — OBSERVATIONS PERSONNELLES

A) *Milieux naturels*

Les variations que l'on observe dans la cellule marginale de *P. Boryanum*, quand on étudie des matériaux provenant du plancton des étangs, c'est-à-dire des colonies flottantes récoltées en surface, au large des rives, sont peu importantes, à côté de celles qui se produisent quand *P. Boryanum* passe à l'état de vie benthique. Les premières portent seulement sur la longueur et la forme des pointes, sur les ornements granuleux des membranes: nous y reviendrons; les autres amènent un changement de forme de toute la cellule marginale.

P. Boryanum est toujours présent dans le plancton de la Loire, à la belle saison, et surtout en Août et Septembre, période des basses eaux. En Août 1929, j'eus l'occasion d'en observer une modification intéressante; la récolte provenait d'un tout petit havre, à fond sablonneux, ne communiquant plus avec le fleuve que par un mince filet d'eau; le plancton, apporté par le fleuve, s'était échoué faute d'agitation; on n'avait qu'à le cueillir sur le sable. Les *Pediastrum* me frappèrent tout de suite par leur forme; on devait les rapporter sans hésitation au *P. muticum* Kütz. var. *longicorne* Raciborski. Mais, parmi les formes extrêmes bien nettes, il y avait beaucoup de formes de passage vers le *P. Boryanum* (fig. 51).

RACIBORSKI (187, p. 11 et 12, T. II, fig. 7 et 8), qui a repris l'espèce de KÜTZING, la caractérise par la présence, chez les cellules marginales, d'une paroi extérieure rectiligne entre les pointes: chez *P. Boryanum*, la paroi extérieure est concave; chez *P. integrum* Näg., elle est convexe. RACIBORSKI distingue trois variétés:

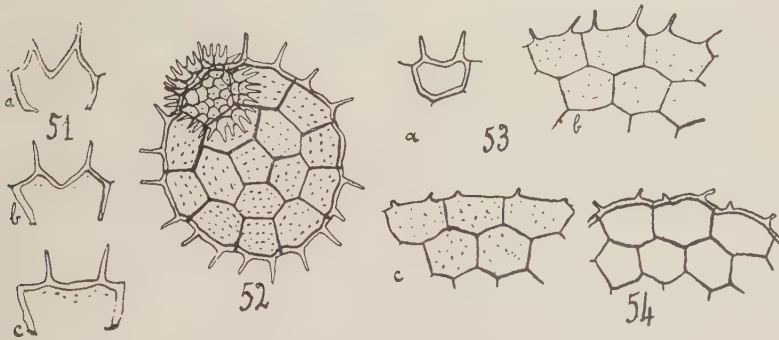


FIG. 51 à 54. — *P. Boryanum* $\times 500$ (51 $\times 750$). Influence de la vie benthique; 51 : Loire, plage sablonneuse; 53, 54 : Gouille de Haute-Savoie (récolte de M. Deflandre).

P. muticum Kütz var. *inermis*, sans pointes; var. *brevicornis*, à pointes courtes; var. *longicornis*, à pointes longues.

Il dit (ibid., p. 11) qu'il est difficile de distinguer le *P. muticum* du *P. Boryanum*, quand les deux espèces se trouvent mélangées. On peut se rendre compte de la vérité de cette observation par l'examen de la figure 51.

La récolte de la Loire d'août 1929 fut mise en culture dans de l'eau de la Loire; à la fin du même mois, elle donna de nombreuses jeunes colonies, toutes semblables à des jeunes colonies de *P. Boryanum*; j'en ai vu un certain nombre en relation avec la colonie mère (fig. 52). Je fus donc conduit à admettre que le *P. muticum* est une forme modifiée de *P. Boryanum* et à rechercher les causes de cette modification.

Elle consiste essentiellement dans la disparition du lobe vert qui forme la base de la pointe; la partie supérieure hyaline se détache brusquement du corps de la cellule. Nous verrons plus loin que la vie benthique provoque l'atrophie de la pointe, soit en longueur, soit en largeur, la partie verte se développant peu ou pas du tout, tandis que la partie hyaline peut quelquefois rester assez longue.

Or les conditions écologiques, dans lesquelles j'ai trouvé les *P. Boryanum* ainsi modifiés, se rapprochent des conditions réalisées dans les cultures spontanées dans l'eau. Les colonies ne flottaient pas, mais vivaient sur le sable de la petite crique, sous 20 à 30 cm. d'eau.

Deux faits se dégagent des observations précédentes : 1° *P. muticum* Kütz est une forme modifiée de *P. Boryanum*; 2° cette modification est due à une action de milieu.

Dans les pêches de plancton, les formes *muticum* et *integrum* font toujours figure de type isolé ou extrêmement rare; il n'en est pas de même, quand on trouve le *P. Boryanum* à l'état fixé, dans des récoltes provenant du grattage des feuilles ou pierres immergées, ou de vases vertes. La forme type ne se retrouve plus que chez les jeunes colonies; les cénobes de taille moyenne et, à plus forte raison, les grosses colonies ont atteint les stades *muticum* et *integrum*.

Il en est ainsi dans une récolte que M. DEFLANDRE m'a aimablement communiquée: elle provenait de la gouille (mare) du Chalet-des-Tours, à Le Praz-de-Lys (Haute-Savoie) et avait été obtenue par le grattage de plaques de vases vertes submergées. Les *Pediastrum* y étaient abondants et pouvaient être rapportés soit au *P. muticum* Kütz., soit au *P. integrum* Næg.; la paroi de la cellule marginale, entre les pointes, est tantôt rectiligne ou faiblement concave, tantôt plus ou moins convexe; mais le disque est toujours plein (fig. 53 54). N'ayant reçu qu'un échantillon conservé dans le formol, je n'ai pu suivre le développement des organismes; mais les conditions écologiques dans lesquelles se développaient les *Pediastrum* permettent de les considérer comme du *P. Boryanum*, modifié par la vie benthique. En effet, les formes de passage vers le *P. Boryanum* ne manquent pas (fig. 53 a) dans la récolte de M. DEFLANDRE; seules, les jeunes colonies, encore au stade *Boryanum* type, sont très rares.

A cet égard, l'échantillon n° 1213 de la collection RABENHORST (187) est très caractéristique: il provient lui aussi d'un dépôt et renferme en grande abondance un *Pediastrum*, rapporté à *P. Boryanum* var. *brevicorne* Br. Les jeunes colonies, abondantes, sont toutes du type *Boryanum* (fig. 55 a): les pointes sont relativement longues, mais leur longueur n'augmentera plus; au stade suivant (fig. 55 b), on trouve des *brevicorne*; puis la cellule grossit, l'échancrure disparaît entre les pointes; les colonies de taille moyenne appartiennent toutes aux formes *muticum* ou *integrum*. On remarque, chez certaines d'entre elles, une modification curieuse, l'apparition de petits méats; on a fait de cette forme une variété *P. integrum*, var. *perforatum* Rac. (187). L'examen de la récolte en question montre: 1° que les lacunes ne se trouvent jamais sur les jeunes colonies; 2° que leur formation est due au grossissement des cellules du disque, dont les

parois se renflent, s'arrondissent, ce qui provoque un décollement aux angles; 3° que ces cénobes perforés donnent des jeunes colonies sans méats: on peut rencontrer en effet, dans la préparation, des jeunes colonies de *P. Boryanum*, avec pointes assez longues et sans méats, en relation avec des grosses colonies perforées de forme *integrum*. En résumé, toutes les colonies de la récolte appartiennent au *P. Boryanum* et les différentes formes des cénobes sont dues aux actions du milieu et de l'âge.

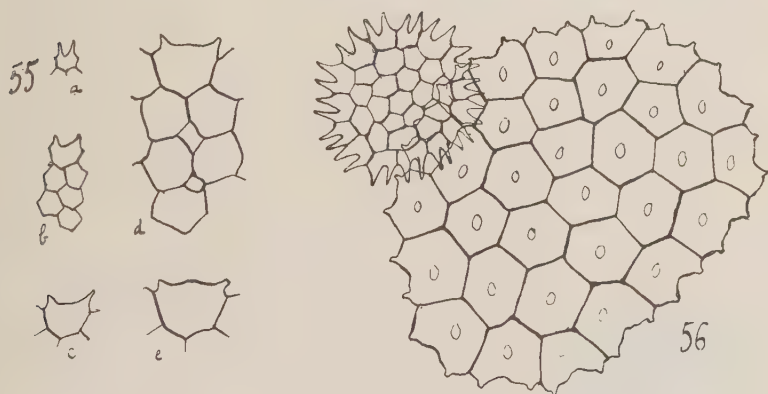


FIG. 55, 56. — *P. Boryanum* $\times 500$. Influence de la vie benthique; 55 : collection Rabenhorst; 56 : cénobe de cultures.

B) Cultures

C'est sur le *P. Boryanum* qu'il est le plus facile de constater l'influence de la vie benthique, car *P. Boryanum* se développe facilement en culture spontanée: on peut le conserver plusieurs années au laboratoire par des repiquages ou en renouvelant le milieu; c'est l'espèce du genre qui végète le mieux et se multiplie avec la plus grande facilité.

Les jeunes cénobes ont des pointes vertes semblables à celles des colonies du plancton (fig. 56); mais, à mesure que les colonies grossissent, les lobes verts s'enflent, s'arrondissent et restent peu saillants, au lieu de s'aplatir et de s'étendre comme sur les colonies flottantes; ils peuvent même disparaître, en s'incorporant au corps de la cellule, dont le bord libre, plus ou moins rectiligne, est sur-

monté de deux pointes hyalines, plus ou moins longues, qui s'en détachent brusquement (fig. 56, 58).

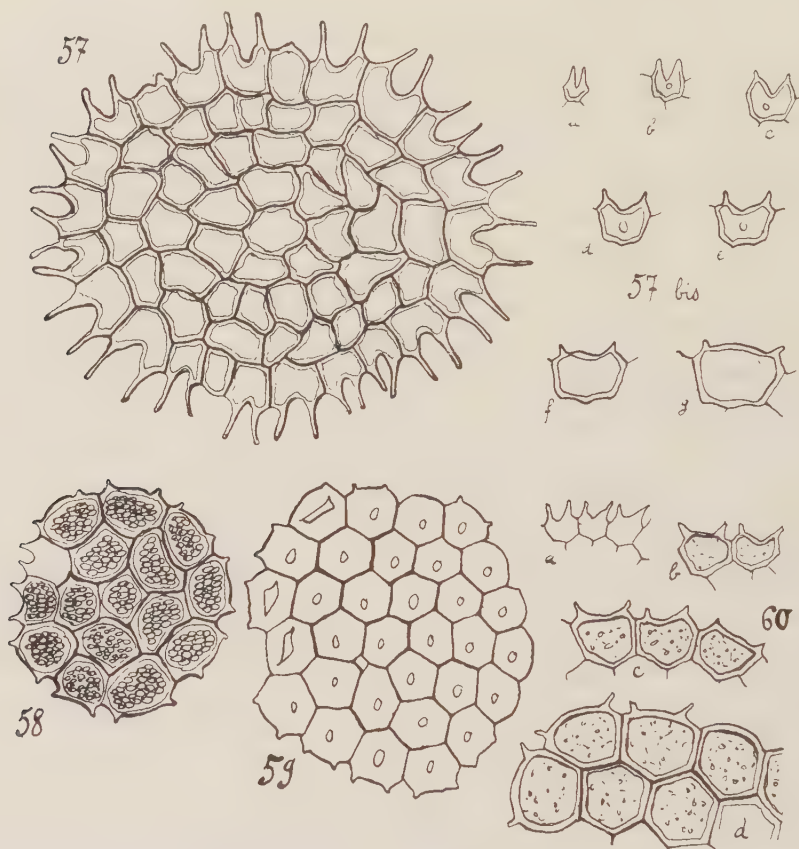


FIG. 57 à 60. — *P. Boryanum* $\times 500$. Influence de la vie benthique; 57 à 59 : cultures; 60 : collection Rabenhorst.

Les figures 58 et 59 correspondent assez bien à ce que les auteurs décrivent sous le nom de *P. integrum* Näg. La première porte, au pourtour, une cellule qui s'est vidée au stade *Boryanum*. Comment séparer cette forme du *P. Boryanum*, quand on la voit représentée par quelques colonies, au milieu d'une masse compacte de colonies de *P. Boryanum* du plus pur type systématique, et quand on suit sur ces cénobes toutes les modifications qui les font passer au type *integrum* ?

Quelquefois l'atrophie de la pointe se manifeste autrement: les pointes hyalines sont très longues; le cénobe ressemble à un *P. glanduliferum*, mais sans boule à l'extrémité des pointes (fig. 57). Ce sont des formes de vieillesse; je ne les ai jamais vues se multiplier dans les cultures.

Quand on suit en culture le développement de jeunes colonies de *P. Boryanum* récoltées dans le plancton, on ne les voit pas toutes arriver au stade *integrum*; certaines seulement s'en approchent par la diminution de l'échancrure et l'élargissement de la base de la pointe (fig. 56). Il arrive assez souvent qu'un, deux, même trois mois après la récolte, la multiplication du *P. Boryanum* devient brusquement très rapide et que la culture se trouve transformée en une bouillie de jeunes colonies de *P. Boryanum*: les observations deviennent alors faciles.

Les jeunes colonies sont semblables à celles du plancton; si l'on suit leur développement, on remarque (fig. 57 bis) qu'arrivées au stade adulte, elles ne diffèrent guère du *P. Boryanum* type que par des pointes plus courtes, à base verte, large et renflée. Elles se multiplient alors activement et, tant que la multiplication végétative reste active dans une culture, les colonies jeunes et adultes s'écartent fort peu, en somme, de la forme *P. Boryanum* type; comme elles sont en forte majorité, les formes vieilles et anormales étant encore rares, l'espèce paraît s'adapter au nouveau milieu sans grande modification de forme. Mais quand, par l'action de causes internes ou de facteurs externes, la multiplication végétative se ralentit et cesse, alors on remarque certaines colonies qui continuent à se développer, grossissent, vieillissent et prennent des formes, qui rappellent soit le *P. muticum*, soit le *P. integrum* (fig. 57 bis). Ces formes apparaissent donc sur les vieilles colonies benthiques; c'est ainsi qu'on les trouve toujours à l'état naturel: j'en fournirai plusieurs exemples.

2. — RENSEIGNEMENTS TIRES DE LA LITTÉRATURE ALGOLOGIQUE

Tout d'abord, les formes rattachées par RACIBORSKI (187) à l'espèce de NÄGELI proviennent des dépôts boneux de la Vistule, aux environs de Cracovie; pour cet auteur, la forme type de *P. integrum*

est celle que l'on peut observer au n° 1435 de la collection RABENHORST; or cet échantillon a été recueilli sur des rochers suintants. RACIBORSKI donne comme caractère spécifique du *P. integrum*: « cellules du pourtour fortement arrondies, pointes courtes et divergentes ». J'ai examiné le n° 1435 de la collection RABENHORST, dans l'exemplaire qu'en possède le laboratoire de Botanique d'Angers. On peut constater (fig. 60) que seules les grosses colonies, granuleuses ou presque lisses, à parois cellulaires épaisses, possèdent ces caractères; les petites colonies sont nettement *Boryanum* et, entre elles et les grosses, on trouve tous les passages. Dans le même échantillon, on peut observer les autres variétés décrites par RACIBORSKI en particulier la variété *scutum*, rare; la variété *Braunianum* f. *brevicornis*, très commune, et f. *longicornis*, rare; ces dernières formes font le passage entre *P. Boryanum* et les colonies à cellules marginales arrondies, qui constituent la forme extrême la plus modifiée.

LUCKS, en 1907 (153), signale le *P. integrum*, forme *granulata* Raciborski, dans le Mutter See, la var. *Braunianum* dans l'Ottominer See. Mais si l'on se reporte au dessin de l'auteur (fig. 61) on constate que le cénobe attribué à l'espèce de NÄGELI possède 3 cellules marginales sur 10 qui sont du plus pur *Boryanum*.

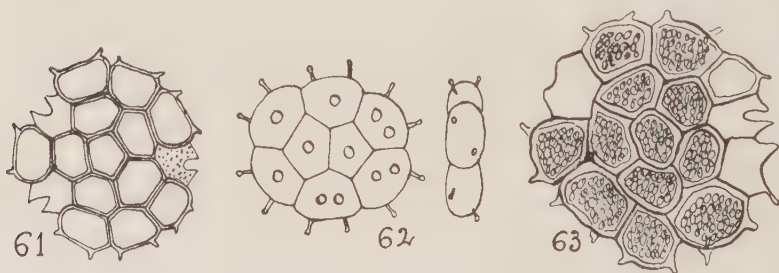


FIG. 61. — *P. Boryanum* (*P. integrum*). D'après Lucks.

FIG. 62. — *P. Boryanum* (*P. Pearsoni* West). D'après West.

FIG. 63. — *P. Boryanum* $\times 500$. Forme de cultures.

NÄGELI (160, p. 97, Tab. V. fig. B 4), a trouvé son *P. integrum* dans des matériaux provenant du grattage de rochers humides.

BENNETT (14, p. 12, tab. IV, fig. 11-13) l'a récolté sur les bords humides d'un puits, à Tintagel; il était abondant, mais manquait partout dans les masses d'eau voisines.

HANSGIRG (101, p. 267) détermine *P. Boryanum* var. *integriforme* n. v. une forme trouvée sur les parois d'un bateau prenant l'eau, sur les rives de la Moldau. Le même auteur décrit (102, p. 118) une nouvelle variété du *P. integrum* var. *Tirolense*, d'après des colonies à longues pointes hyalines, récoltées aussi sur les rochers suintants.

En France, *P. integrum* est souvent signalé, mais jamais dans le plancton; AILORGE et DENIS (5, p. 693) le trouvent sur les bords du lac de Navarosse et de l'étang de Biscarosse avec *P. Tetras* et *P. muticum*. DEFLANDRE (72, p. 999) le récolte dans un suintement, sur un mur, à Morzine (Haute-Savoie). FRÉMY (83, p. 177, fig. 8) le mentionne dans un échantillon d'une récolte faite sur des pierres schisteuses, au cirque d'Espino (Haute-Garonne).

NEPARDY (162, p. 176 en note) dit que si *P. integrum* est si rare dans ses matériaux, c'est qu'ils proviennent de récoltes de plancton.

WEST, en 1912 (256, p. 19, fig. 31), signale une nouvelle espèce, voisine de *P. integrum* et pouvant être rangée à côté de cette dernière dans la section *Anomopodium* de Braun: *P. Pearsoni* West. Voici la diagnose: Cénobes compacts, *ellipsoïdes*, à 8 cellules ($6 + 2$), ou à 15 ($10 + 5$); cellules centrales pentagonales, cellules du bord arrondies, munies de 2 pointes hyalines délicates et terminées par des boules, disposées obliquement; membrane épaisse; un chromatophore avec un ou deux pyrénoides. Dimensions: cellules du disque $13-27\ \mu$; cellules du bord $17-30\ \mu$; cénobes $32-68\ \mu$; pointes $2-4-6\ \mu$. Habitat: sur un barrage, dans une rivière. WEST ajoute que l'espèce n'était pas rare, mais se trouvait la *seule* du genre dans la récolte. Il observe qu'elle se rapproche beaucoup du *P. integrum*, dont elle ne diffère que par les pointes hyalines avec boules et non dans un même plan. Je n'ai pas observé cette forme à l'état naturel; le dessin de l'auteur donne l'impression de colonies à cellules enkystées (fig. 62); mais la colonie de la figure 63, qui provient de cultures, contient des cellules semblables à celles de l'espèce de WEST. D'ailleurs, il ne faut pas croire que chez *P. Boryanum* les pointes sont toujours dans le plan du cénobe: quand on observe une colonie de profil, on les voit souvent alterner régulièrement de chaque côté du plan de la colonie. Dans ce cas, une cellule marginale de *P. Boryanum*, en se transformant en kyste, deviendra absolument identique à la cellule marginale du *P. Pearsoni*.

FRITSCH (87, p. 11, fig. 3), qui a observé la même forme dans des dépôts, la rattache comme variété à *P. integrum*. Les figures qu'il

donne, d'après les stations indiquées, correspondent à des formes plus ou moins benthiques. Sa figure 3 d représente une colonie à cellules superposées en deux couches; les cellules de la couche supplémentaire ont deux pointes courtes irrégulièrement distribuées; c'est une forme de *P. Boryanum coelastroïde* (fig. 108 à 110, p. 74), qu'on rencontre fréquemment chez les types fixés et surtout dans les cultures; les colonies étant déformées, les pointes peuvent être dans n'importe quel plan, comme WEST l'a figuré pour son *P. Pearsoni*.

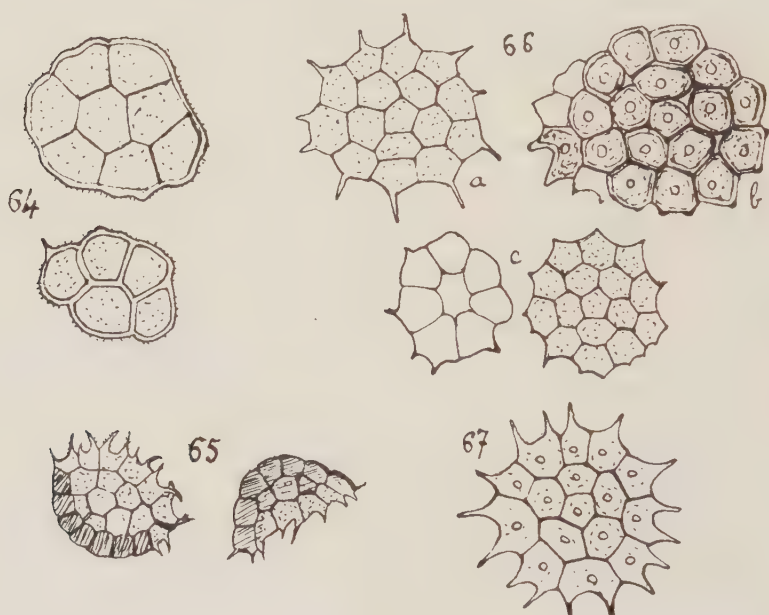


FIG. 64-67. — *P. Boryanum*. Formes benthiques anormales 64 : *P. muticum* var. *inermis* Racib., d'après Wille; 65 : *P. Boryanum* var. *campanulatum* Wille, d'après Wille; 66 : *P. Boryanum* var. *depauperata* Wille, d'après Wille; 67 : *P. Boryanum* $\times 500$. Cénobes de cultures (Récolte du Cher).

Enfin, je signale ici les formes aberrantes du genre *Pediastrum* que WILLE (279, p. 432) décrit dans son étude des Algues récoltées au cours de l'expédition antarctique de Drygalski. Ces formes proviennent des îles Kerguelen et ont été recueillies surtout dans des petits trous d'eau sans plancton passif flottant. L'auteur les rattache au *P. muticum* (fig. 64) et au *P. Boryanum*; il crée, pour les dernières deux nouvelles variétés :

P. Boryanum var. *campanulatum* nov. var. (pl. 30, fig. 13 a, b). J'ai reproduit ici (fig. 65) un des dessins de l'auteur. Le trait le plus remarquable des cénobes en question, ce qui leur a valu leur nom, c'est de ne plus présenter la forme en disque plan, habituelle aux *Pediastrum*. Ils sont excavés en coupe, comme si la croissance avait été plus rapide dans les cellules centrales que dans les cellules du pourtour. Donner un nom à une pareille anomalie est aussi étrange que d'introduire dans la littérature algologique, comme types d'une variété « appauvrie », des cénobes tronqués, découronnés.

var. *depauperata* nov. var. (pl. 30, fig. 14 a-d). Paroi des cellules mince, finement granuleuse; le plus souvent une pointe courte et fine au milieu de la cellule, quelquefois pas de pointe ou deux, comme dans la forme normale. J'ai reproduit (fig. 66) les dessins de l'auteur: on voit que sa figure 14 d (ma fig. 66 c) représente un disque de 17 cellules sans pointes, portant d'un côté un fragment de pourtour de quatre cellules, dont l'une est du plus pur type *Boryanum*, avec deux pointes; n'est-il pas plus simple de supposer qu'il s'agit d'un cénobe 32-cellulaire de *P. Boryanum*, dont onze cellules du pourtour se sont détachées, que d'établir une nouvelle variété sur un pareil échantillon? De même l'absence de pointes ou la présence d'une seule pointe au milieu de la cellule du pourtour s'observe quelquefois sur les colonies anormales, déformées ou coelastroïdes de *P. Boryanum* (fig. 67).

Les dessins de WILLE que nous avons reproduits ne montrent donc que des caractères accidentels et variables, insuffisants pour qu'on sépare ces colonies du *P. Boryanum*, même pour en faire des variétés, et tels que l'on peut souvent en observer dans les cultures.

En résumé, le type morphologique de *P. Boryanum* doit être cherché dans les cénobes pélagiques: ils ne présentent entre eux que d'infimes variations. Mais l'espèce peut vivre également dans la zone benthique et s'y multiplier: alors apparaissent des variations nombreuses, diverses, d'assez grande amplitude, en particulier celles sur lesquelles les auteurs ont établi les diagnoses des prétendues espèces *muticum* Kütz et *integrum* Näg.

Mlle Olga TROITSKAJA (248, d'après Bot. Abstr. 14, p. 535, et 249, p. 5-21) a abouti récemment aux mêmes conclusions par la méthode des cultures pures. Elle considère *P. integrum* comme un stade de développement de *P. Boryanum*; les variétés *Braunianum* (Grun.) Nordst. et *Tirolense* Hangs. comme des formes de vieillesse

de *P. Boryanum*; enfin *P. muticum* Kütz. comme une forme adulte de *P. Boryanum*, formant passage entre *P. Boryanum* type et *P. integrum*.

On serait peut-être tenté d'objecter à cette conclusion que toutes les colonies de même âge, récoltées en même temps, dans le même milieu, devraient être approximativement identiques, alors que cette similitude absolue n'existe pas en fait. Pour expliquer la présence de quelque forme aberrante dans une population pélagique homogène de *P. Boryanum*, par exemple, on ne doit pas oublier que la vie des *Pediastrum* n'est pas nécessairement pélagique, que leur croissance et leur développement peuvent s'effectuer également dans la zone benthique. Il suffit alors d'admettre que quelques cénobes de cette dernière zone ont été accidentellement détachés de leur support et entraînés dans la zone pélagique par les vagues, les rames ou la perche du bateau: ils se retrouveront avec leurs caractères spéciaux, au milieu des cénobes du large, d'autant plus différents du type pélagique que leur existence benthique aura duré plus longtemps.

Il n'en reste pas moins très certain que, dans une pêche pélagique, les formes *muticum*, *integrum*, etc., ne se rencontrent jamais qu'à l'état d'exceptions. Au contraire, dans les dépôts, ces mêmes formes apparaissent en abondance. Leurs caractères sont d'autant plus accusés et plus éloignés du type pélagique que le cénobe est plus âgé. Il est donc difficile d'y voir autre chose que des formes stationnelles, simples produits des actions de milieu.

CHAPITRE TROISIEME

LONGUEUR ET FORME DES POINTES

A. INFLUENCE DE L'AGE

I) *P. duplex*

On sait combien sont nombreuses les variétés de cette espèce; or, les coupures faites par les auteurs se fondent presque toutes sur des différences dans la forme des pointes des cellules marginales. Sans vouloir tout expliquer par l'âge, on peut montrer que la forme de la pointe est en relation avec la taille et l'âge de la colonie.

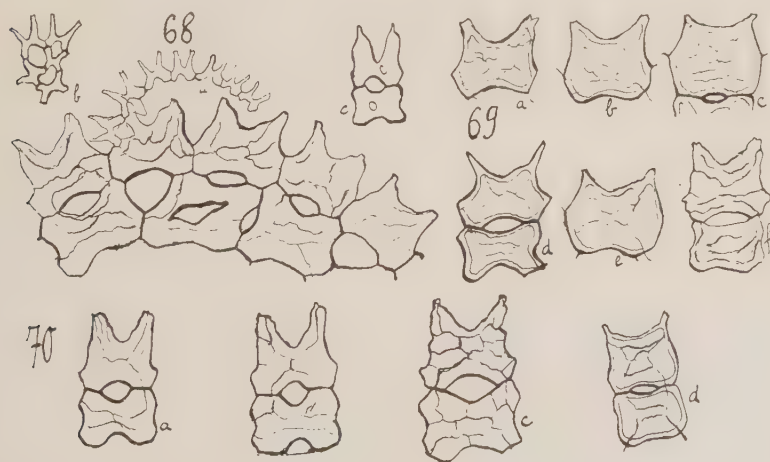


FIG. 68-70. — *P. duplex* $\times 500$. Variations de la pointe avec l'âge. Etang de Serrant.

Nous suivrons d'abord le développement des jeunes colonies dans une même station, afin de noter les variations dues à l'âge dans un même milieu. Dans l'étang de Serrant, à Saint-Georges-sur-Loire, *P. duplex* est extrêmement abondant pendant la belle saison et s'est multiplié dans les récoltes, au laboratoire, avec une grande intensité, pendant plusieurs mois après leur mise en culture.

La figure 68 représente quelques cellules d'une colonie mère 64-cellulaire et de colonies filles; les plus petites sont les plus clathrées: elles ont les pointes minces et longues; sur les cénobes un peu plus gros, on voit les bras des cellules marginales qui s'épaississent et présentent déjà un renflement; ils ont 7 à 9 μ de longueur; on distingue à l'extrémité de la pointe un bouton pectique hyalin. Arrivées à ce stade, les pointes s'allongent peu, mais s'élargissent beaucoup, en même temps que la cellule, dont la membrane s'épaissit et se couvre de plis, souvent anastomosés en réseau.

Les cellules des colonies adultes, dont la taille dépasse alors 100 μ , prennent les formes des figures 69, 70: ces formes diffèrent peu les unes des autres; elles sont extrêmement nombreuses; il est absolument vain d'essayer de classer ces formes et de les grouper en un nombre plus ou moins grand de variétés; car, malgré le grand nombre des divisions établies, il y aura toujours des formes qui n'entreront dans aucune.

Voici les mesures prises sur les colonies de différente taille, dans cette station (mesures prises sur les récoltes fraîches):

I) jeunes colonies: stade *reticulatum*, 32 cellules :

diamètre moyen.....	55 à 60 μ
pointe, hauteur moyenne.....	8 μ
lacune, diamètre moyen.....	6 à 7 μ

II) Cénobes à bras plus ou moins renflés, 32 cellules :

diamètre moyen.....	80-95 μ
pointe, hauteur moyenne.....	10 μ
lacune, diamètre moyen.....	6-7 μ

III) Cénobes adultes à membranes souvent ornées de plis
(rarement granuleuses):

32 cellules: diamètre.....	95-120 μ
64 cellules: diamètre.....	100-140 μ
pointe, hauteur.....	10 μ
lacune, diamètre.....	6 μ

Ces mesures montrent que les bras des cellules s'allongent d'abord, puis s'épaississent et se renflent. Les différentes formes de *P. duplex* observées dans cette station ne sont donc pas des variétés

d'une même espèce, mais correspondent à différents stades du développement de la plante: ce sont des formes d'âge.

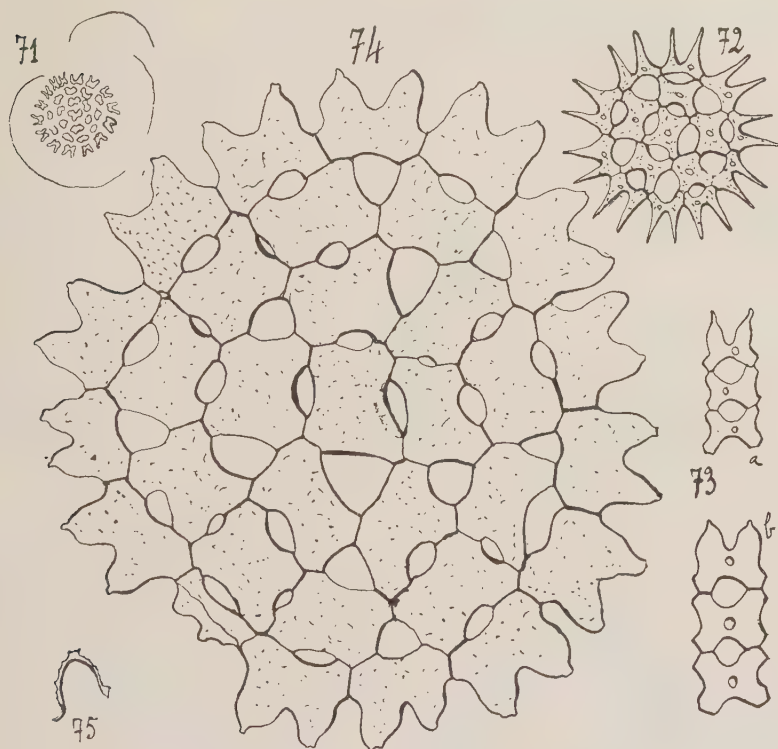


FIG. 71, 75. — *P. duplex* $\times 500$ (75, $\times 750$). Variations de la pointe avec l'âge. — Etang du Malaguet.

On peut en avoir une preuve indirecte dans la différence que l'on observe chez les *P. duplex*, quand on compare une récolte faite à la fin de la belle saison, en octobre ou novembre, à une pêche de mai ou juin. Dans cette dernière les colonies largement clathrées abondent, la multiplication est active. En octobre, au contraire, et pendant l'hiver, la multiplication ayant cessé ou étant peu active, on trouve surtout des colonies adultes et des vieilles colonies à grosses cellules de forme variable, avec membranes épaisses et plissées. Il en est de même dans toutes les stations où l'espèce se multiplie sur place (1).

(1) Dans les fleuves et rivières, on trouve au contraire un mélange de formes d'origines diverses.

On peut dire que la même station, à la même époque, fournit la même forme de *P. duplex* (on peut ajouter: la même forme d'une espèce donnée de *Pediastrum*). Je dirai même que l'habitude que j'ai des *P. duplex* de notre région me permet, dans bien des cas, de deviner la nature de la station, rien qu'à l'examen de la plante.

Dans l'étang du Grand Malaguet, près de Chaumont, au nord d'Angers, *P. duplex* est aussi très abondant et l'observation du développement de la plante amène aux mêmes conclusions. La figure 71 montre une jeune colonie dans sa vésicule, la figure 72 une jeune colonie libre (2). On remarquera la grandeur relative des pointes et des méats. Chez les colonies plus grosses la pointe se renfle (fig. 73) et peu à peu on arrive aux grosses colonies (fig. 74), souvent si abondantes à l'automne et pendant l'hiver dans le plancton de l'étang: elles se distinguent de celles de Serrant par les ornements des membranes, qui sont des granulations et non des plis.

La figure 75 montre une pointe, avec son revêtement pectique dentelé, terminé par un bouton hyalin aplati.

Voici les mesures prises sur les colonies (en μ):

	Diamètre du cénobe	Hauteur de la cellule marginale	Largeur de la cellule marginale	Longueur de la pointe	Largeur de la pointe à la base	Diamètre moyen d'un méat
Jeune cénobe largement clathré	45	9	9	7	1 à 2	6
Colonie adulte	75	16	15	10	5	7
Vieille colonie	120	18	22	10	10	7

La croissance se fait donc comme nous l'avons déjà vu plus haut: allongement des pointes et des bras des cellules, puis épaissement et élargissement de ces mêmes éléments. Elle entraîne une modification progressive de la forme de la pointe.

(2) Récolte du 17 mai 1928, communiquée par M. Martin; les jeunes colonies de *P. duplex* étaient très abondantes.

II) *P. simplex*

Les variations de la forme de la pointe et de la cellule marginale en fonction du développement de la colonie ont une grande ampleur chez *P. simplex*.

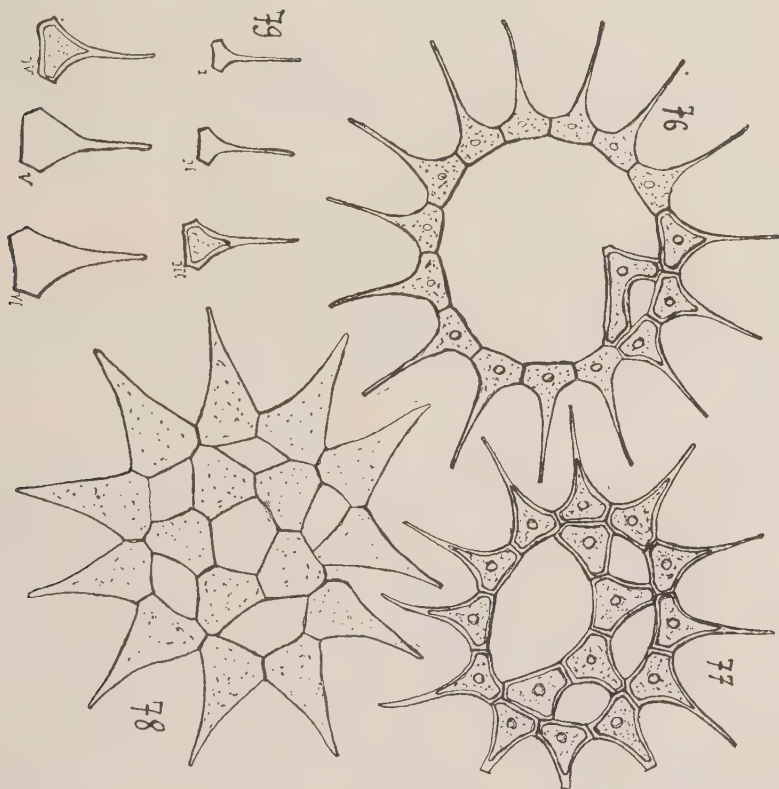


FIG. 76-79. — *P. simplex* $\times 500$. Variations de la pointe avec l'âge. Etang de St-Nicolas.

a) On comparera d'abord entre elles des colonies largement *clathrées*, provenant d'une même station, afin d'éliminer les actions de milieu et les modifications tenant à l'organisation interne des colonies.

Le phytoplancton de l'Etang Saint-Nicolas, près d'Angers, a fait l'objet d'un travail de M. BIORET (21). Au sujet du *P. simplex*, il s'exprime ainsi (p. 19, 20): « Les cellules périphériques ont leurs

faces libres plus ou moins concaves ou convexes; de même les cellules de l'intérieur laissent entre elles des lacunes plus ou moins grandes, parfois nulles; d'après LEMMERMANN, il s'agirait d'espèces différentes. Toutes les formes de transition se rencontrent dans l'étang et j'ai l'impression très nette que la variété de formes n'est souvent qu'une question d'âge de la colonie: les cellules ont les bords d'autant plus concaves que la colonie est plus jeune ». Reprenant la question au point où l'avait laissée M. BIRET, j'ai cherché à préciser la relation entre la taille des colonies et la forme de la cellule marginale; sur des cénobes d'un même nombre de cellules et de même organisation, j'ai effectué les mesures suivantes (fig. 79):

Cénobes 16-cellulaires ($12 + 4$):

d = diamètre du cénobe, pointes comprises

h = longueur de la cellule marginale

p = longueur de la pointe (base verte et extrémité hyaline)

b = hauteur de la base de cellule marginale ($b = h - p$)

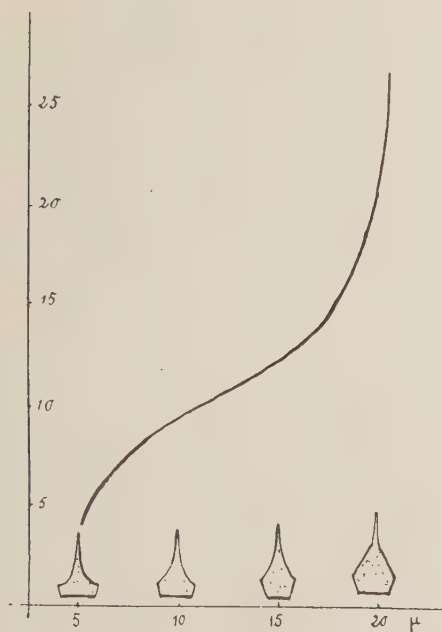
l = diamètre du disque.

(les mesures sont données en μ)

Cénobes	I	II	III	IV	V	VI
d	60	72	90	103	120	130
h	20	23	25	28	34	35
p	17	20	21	22	26	27
b	3	3	4	6	8	8
l	20	26	40	47	52	60

Ces mesures montrent que, des divers éléments envisagés, c'est la pointe de la cellule marginale qui s'accroît le moins; alors que le diamètre de la colonie s'accroît dans une proportion égale à

$$\frac{130}{60} = 2,165, \text{ l'allongement de la pointe est : } \frac{27}{17} = 1,585.$$



COURBE 4

P. simplex. Formes clathrées. — Variation avec l'âge du rayon de courbure de la paroi de la cellule marginale. En abscisse, largeur de la cellule marginale à la base de la partie libre; en ordonnée, rayon de courbure. Les dimensions respectives des cellules n'ont pas été conservées).

Mais si la pointe s'allonge peu, sa forme se modifie beaucoup, comme on le voit sur les figures 76 à 79. A mesure qu'elle grossit, les parois se renflent et tendent à devenir rectilignes, voire même convexes: la courbe 4 exprime la variation du rayon de courbure du bord externe de la cellule marginale en fonction de la largeur de cette cellule à la base de la pointe; pour une largeur de 20 μ en moyenne, les parois sont sensiblement rectilignes.

b) *formés à lacunes plus petites et formes à disque plein.*

Le développement de la pointe n'aboutit pas toujours à la forme de la figure 78; il reste souvent, à sa partie supérieure, un style hyalin, dont la longueur est variable; la partie inférieure de la pointe est alors de forme triangulaire et verte, avec parois externes concaves, droites ou convexes, caractères sur lesquels s'appuient les auteurs pour déterminer les espèces et variétés dans le groupe du *P. simplex*.

A l'examen des figures 80, 81, on remarquera d'abord qu'on a tous les passages, au point de vue de la pointe, entre les formes de la figure 78 et de la figure 81, qui sont des formes extrêmes.

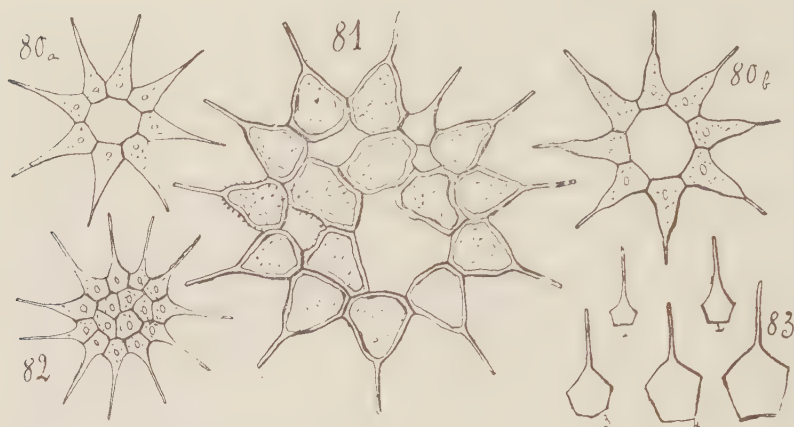


FIG. 80-83. — *P. simplex* $\times 500$. Variations de la pointe avec l'âge. 80 : Cher; 81 : cultures (Serrant); 82 : Jard. bot. Tours; 83 : cellules marginales de cénobes non clathrés (origine diverse).

Pour le moment, je me borne à montrer que, dans les colonies à cellules marginales, munies de pointes styloformes et hyalines, le développement de la cellule marginale se fait comme dans les autres colonies, et que les parois de la base verte et triangulaire de la pointe sont successivement concaves, rectilignes et convexes, suivant l'âge.

La forme de la figure 81 provient d'une culture d'une pêche de l'étang de Serrant; si on la compare aux cénobes de la figure 7 (p.17), qui ont la même provenance, on se rend compte immédiatement de la façon dont se modifie la cellule marginale et les cellules du disque, à mesure que croît la colonie: au premier stade (fig. 7 *b*), les parois cellulaires sont fortement concaves, la pointe est presque entièrement verte, la base commence un peu à se renfler; au deuxième stade (fig. 7 *a*), la cellule marginale a ses parois rectilignes et le corps cellulaire vert est surmonté d'un style hyalin; au dernier stade (fig. 81), les parois sont devenues convexes, la cellule marginale est piriforme et du type *ovatum* des auteurs: on voit que ce prétendu caractère spécifique n'est qu'un caractère de vieillesse.

On peut faire la même constatation sur les colonies de *P. simplex* du n° 524 de la collection WITTRICK et NORDSTEDT. Tous les cénobes sont clathrés, les cellules des jeunes ont les parois très concaves: on devrait les rapporter au *P. clathratum* (Schr.) Lemm.;

au contraire, les grosses colonies ont des cellules marginales arrondies et piriformes: elles devraient être rapportées à *P. ovatum* Lemm. ou à *P. Sturmii* Reinsch, d'après BERGE (39, p. 9); or on voit tous les passages d'une forme à l'autre, on suit le renflement de la paroi d'une colonie plus petite à une colonie semblable, mais plus grosse. Tous les cénobes doivent être rattachés à la même espèce.

La forme pleine de la figure 82 est moins répandue dans le plancton que les formes clathrées; cependant elle domine dans le petit étang du Jardin botanique de Tours, où elle n'est accompagnée que de formes à petites lacunes.

Les parois externes des cellules marginales des jeunes colonies sont très concaves (fig. 82). Sur les cénobes 16-cellulaires (11 + 5), avec ou sans petits méats, j'ai pris les mesures suivantes (fig. 83):

d = diamètre de la colonie en μ

h = hauteur de la cellule marginale

p = longueur de la pointe

b = hauteur de la base de la cellule marginale

l = diamètre du disque.

d	55	70	80	96	105
h	20	24	26	33	35
p	17	20	20	24	25
b	3	4	6	9	10
l	15	22	26	30	35

Ces chiffres et les dessins qui les accompagnent montrent comment se modifie la cellule marginale en grandissant: les deux parties de la pointe s'individualisent, sans que la longueur totale augmente beaucoup; les parois de la partie inférieure se renflent de plus en plus; enfin le corps cellulaire s'accroît beaucoup en hauteur. Les différents aspects de la cellule marginale correspondent à des stades d'âge et ne présentent rien d'héréditaire et de fixe.

En résumé, il est établi que la forme de la pointe, et même de la cellule marginale tout entière, varie avec l'âge chez *P. simplex*; en particulier, la forme concave, rectiligne, ou convexe des parois de la pointe n'a aucune valeur systématique.

B. INFLUENCE DU MILIEU

I) *Milieux naturels*

Nous avons vu, au chapitre premier, que l'aptitude d'une colonie à flotter était proportionnelle à sa surface et que l'on pouvait considérer la disposition des cellules dans un plan, ainsi que la présence de pointes au pourtour, comme des adaptations au flottement; on pouvait donc prévoir que, dans une même station, les colonies flottantes auraient des pointes plus longues que les colonies fixées.

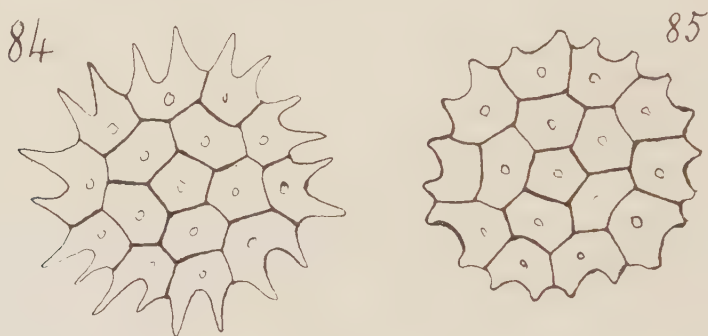


FIG. 84, 85. — *P. Boryanum* $\times 500$. Jard. bot. de Tours. 84, planctonique; 85, benthique.

C'est ce que l'observation a confirmé d'une manière frappante en ce qui concerne *P. Boryanum*, dans le petit étang du Jardin botanique de Tours; les figures 84, 85 montrent deux colonies 16-cellulaires de *P. Boryanum*, récoltées le même jour; la première provient du plancton, la deuxième des vases, par 80 cm. de profondeur, où *P. Boryanum* est toujours assez abondant. Le cénobe qui ne flotte pas a des pointes très courtes; les lobes verts sont massifs et arrondis, non aplatis et élançés comme dans les colonies qui flottent.

De plus, l'agitation de la masse d'eau doit favoriser le développement de la pointe: nous allons voir que, chez *P. simplex*, la variation de la longueur de la pointe avec l'agitation du milieu confirme également bien l'hypothèse. Nous comparerons ici des cénobes à disque plein. La figure 86 représente une colonie 8-cellulaire pro-

venant de la collection WITTROCK et NORDSTEDT, n° 235 (récolte de THURET, à Rentilly); la récolte a été obtenue par grattage de la surface des feuilles immergées; les colonies se sont développées fixées, on voit que la longueur de la pointe n'est pas sensiblement supérieure à la hauteur du corps cellulaire: hauteur de la pointe = $9\ \mu$ environ.

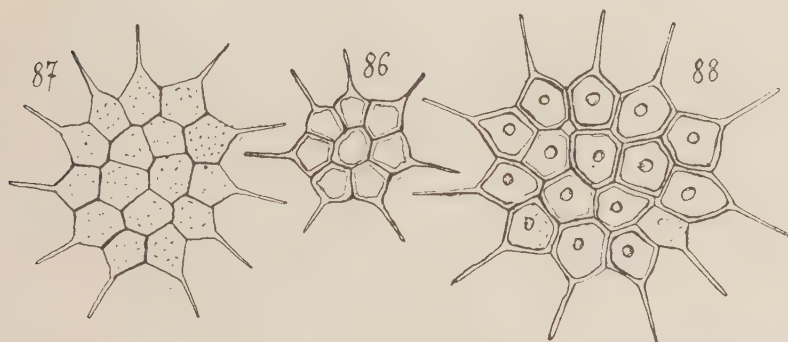


FIG. 86-88. — *P. simplex* $\times 500$. Formes non clathrées. — 86 : benthique (Rentilly, Thuret); 87 : planctonique (Jard. bot. Tours); 88 : planctonique (St-Nicolas).

Le cénobe de la figure 87 provient de l'étang du Jardin Botanique de Tours: c'est une colonie flottante; les pointes sont plus longues que le corps cellulaire, qui n'est pas plus haut (environ $9\ \mu$) que celui des cellules marginales du cénobe de la figure 86; elles atteignent 13 à $14\ \mu$. Comparons ce cénobe à celui de la figure 88 (les mesures sont données en μ):

	fig. 87	fig. 88
diamètre de la colonie avec pointes.....	75	100
diamètre du disque.....	30	35
hauteur de la cellule marginale.....	24	33
hauteur de la pointe hyaline.....	13	20

Les deux colonies diffèrent par la taille et la différence des diamètres des colonies tient, pour une large part, à la différence de longueur des pointes. Elles sont beaucoup plus longues dans le cénobe de la figure 88. Or ce dernier vient de l'étang Saint-Nicolas, qui a, d'après M. BIRET (21, p. 17), par ses eaux profondes et agitées, les caractères d'un lac (présence d'*Attheya Zacchariasi* Brun). Au contraire le petit étang du Jardin botanique de Tours est peu profond, abrité et peu agité. Donc l'influence du milieu sur les pointes

tend à les rendre d'autant plus longues que le milieu est plus étendu et plus agité.

Comme nous avons vu, au Chapitre I, l'influence de l'agitation de l'eau sur la grandeur des lacunes, on peut conclure de ce qui précède que le milieu règle chez *P. simplex* la longueur des pointes, la grandeur des lacunes et la forme de la cellule marginale: voilà qui nous permet d'expliquer les différences de forme du *P. simplex*

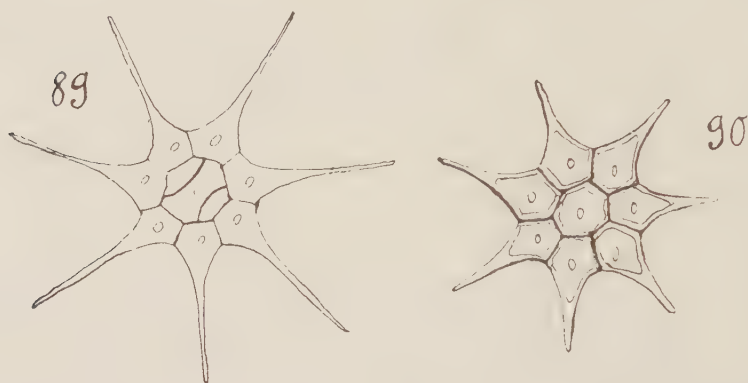


FIG. 89, 90. — *P. simplex* $\times 500$. Cénobes planctoniques. — 89, St-Nicolas; 90, Jard. bot. de Tours.

type de l'étang Saint-Nicolas, qui est un petit lac (fig. 89), et du *P. simplex* type de l'étang du Jardin botanique de Tours, qui est une grande mare (fig. 90). Pour LEMMERMANN, et les auteurs qui le suivent, on a là deux espèces: or les colonies diffèrent:

1° par le disque clathré chez l'une, plein chez l'autre: c'est une action de milieu (Chapitre I);

2° par la longueur des pointes: c'est encore une action de milieu;

3° par la forme des cellules marginales, dont la base est plus large sur le cénobe de l'étang Saint-Nicolas, plus étroite et plus haute sur celui de l'étang du Jardin de Tours; mais qui ne voit que dans la première colonie, le disque étant plus large à cause des lacunes, les cellules marginales ont dû élargir leur base pour faire le tour; tandis que dans la deuxième, elles avaient la facilité, à cause de la petitesse du disque plein, de se développer en hauteur et de se souder plus longuement les unes aux autres?

II) Cultures spontanées

Chez *P. duplex*, les modifications des pointes sont variées et de grande amplitude, les formes des cultures sont très éloignées de la forme planctonique type. On observe :

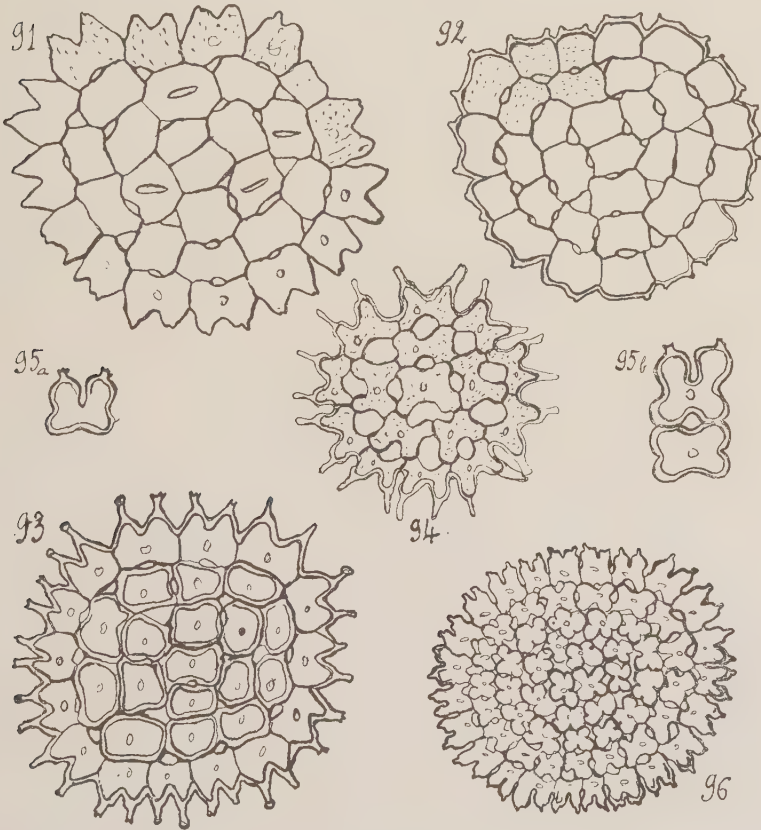


FIG. 91-96. — *P. duplex* $\times 500$. Formes de cultures. — 91, 92 Malaguet; 93, Cher; 94-96, Jard. Bot. de Tours.

1° des pointes fortement *élargies* (fig. 91, 92) à tel point que les deux se fusionnent, n'en formant plus qu'une, qui reste surmontée ou non de deux petits boutons hyalins. Le cénobe de la figure 92 représente assez bien la variété *brachylobum* Braun.

2° des pointes plus ou moins *élargies*, surmontées d'une *longue*

pointe hyaline, cylindrique, mince, tronquée ou capitée (fig. 93, 94): on a alors la variété *cornutum* Raciborski.

3° des pointes arrondies dans leur partie supérieure avec étrangement à la base (fig. 95, 96). Lucks a fait de cette forme la variété *rotundatum*. Les bras des cellules du disque sont quelquefois modifiés de la même façon et l'on a le curieux cénobe de la figure 96.

Cette variété dans les modifications des pointes porte à croire que la vie benthique n'en est pas la seule cause; quelles sont les autres? Je l'ignore; je pense qu'il s'agit de changements très petits dans la composition chimique du milieu. Quoi qu'il en soit, il est certain qu'il n'y a rien d'héréditaire dans ces modifications.

Chez *P. biradiatum*, j'ai observé des modifications analogues; mais, cette espèce étant plus difficile à cultiver, mes observations sont beaucoup moins nombreuses; j'ai cependant souvent constaté l'élargissement des pointes, leur renflement au sommet, ou l'apparition d'une pointe supplémentaire hyaline, mince et fragile (fig. 97, 98).

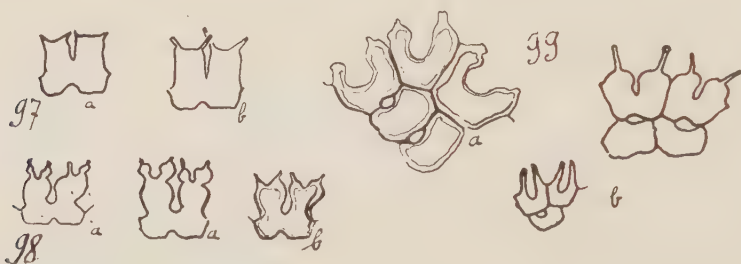


FIG. 97, 98. — *P. biradiatum* $\times$ 500. Formes de cultures (Serrant).

FIG. 99. — *P. angulosum* $\times$ 500. Formes de cultures (Serrant).

Enfin, chez *P. angulosum*, les lèvres ont aussi tendance à se renfler; la figure 99 a montre une colonie trouvée dans une culture d'une récolte de l'étang de Serrant: les lèvres de l'échancrure sont épaisses, arrondies et surmontées d'un large bouton hyalin. Dans une récolte faite à l'étang de Serrant, le 20 Avril 1932, j'ai observé, le 24 Juin suivant, des colonies de *P. angulosum* modifiées, au point d'être méconnaissables. Les lèvres étaient si fortement renflées que l'échancrure était presque fermée; souvent elles portaient une pointe hyaline, plus ou moins longue, mince et quelquefois légèrement capitée; la membrane ne porte plus de plis (fig. 99 b). La culture qui contenait ces formes si aberrantes avait été faite dans de l'eau de

la Loire; j'avais, par ailleurs, suivi le développement d'une culture de même récolte dans l'eau de l'étang: *P. angulosum* était beaucoup plus abondant et beaucoup moins modifié; mais les modifications étaient les mêmes: élargissement, renflement des lèvres, pointes hyalines surajoutées, absence de plis.

On voit que plus le milieu est différent du milieu naturel, plus les modifications des colonies sont nombreuses, rapides et profondes; mais il est certain que c'est le brusque passage de la vie planctonique à la vie benthique qui est le facteur dominant de ces transformations; le rôle des éléments chimiques est probable, mais difficile à déterminer.

CHAPITRE QUATRIEME

NOMBRE ET DISPOSITION DES CELLULES
DE LA COLONIE
COLONIES CÉLASTROIDES
POINTES DANS DIVERS PLANS

A. NOMBRE DE CELLULES

Le nombre des cellules est régulièrement une puissance de 2 : on trouve des colonies à 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 cellules ; on peut affirmer que les cénobes qui possèdent un nombre de cellules différent en ont perdu, soit que les corpuscules n'ont pas trouvé de place dans le plan au moment de la formation de la colonie (cellules du disque), soit que des cellules se sont détachées au cours de la croissance du cénobe (cellules marginales).

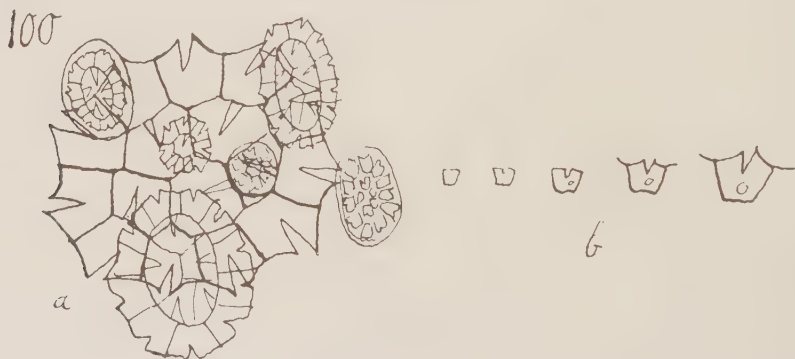


FIG. 100. — *P. Tetras* $\times 500$. a) Cénobe en multiplication ; b) Variations de la cellule marginale avec l'âge.

Cependant certains auteurs (WILLE, 279, p. 432) ont donné des nom nouveaux à des cénobes incomplets, plus ou moins privés de leur pourtour. Jamais je n'ai rien observé de semblable chez les jeunes colonies : les cellules sont toujours au complet.

Quelques algologues suivent encore BRAUN qui distingua (45, p. 97, Tab. V) un *P. Ehrenbergii*, pour les colonies de *P. Tetras* à 8

ou 16 cellules, et un *P. Tetras* (Ehr.) Ralfs, pour les colonies 4-cellulaires. SCHMIDLE (197, p. 5, fig. 3, 4) a tenu compte du nombre des cellules (4, 8, 16) pour la détermination de la variété *alpina* et des formes *simplex*, *evoluta*, chez *P. Braunii*.

La logique voudrait dans ce cas qu'on fit, pour un type donné, autant d'espèces, ou du moins de variétés, qu'on peut trouver de nombres différents de cellules dans les colonies; pour *P. Tetras*, par exemple, on aurait une espèce pour les colonies à 4 cellules, une seconde pour les colonies à 8 cellules, etc. La figure 100 représente une colonie de *P. Tetras* 16-cellulaire, avec 6 colonies filles, dont deux à 8 cellules. J'ai constaté le même phénomène (V. troisième partie) chez *P. duplex*, *Boryanum*, *angulosum*, *simplex*. Cela suffit à montrer que le nombre des cellules dans la colonie n'est pas héréditaire et qu'il ne faut pas en tenir compte en systématique.

Nombre de cellules dans la colonie	4	8	16	32	64	128	256	512
<i>P. simplex</i>	o	○	○	o				
» <i>Kawraiskyi</i> .	o	o	○	o				
» <i>Boryanum</i> ..	.	o	○	○	o	o	.	.
» <i>angulosum</i> .	.	.	o	o	○	○	.	
» <i>duplex</i>	.	o	○	○	o	o		
» <i>biradialum</i> .	.	o	○	o	.			
» <i>Tetras</i>	○	○	o	.				
» <i>Braunii</i>	o	○	o					

FIG. 101. — Tableau comparatif de fréquence des cénobes 4 —, 8 —, 16 —... cellulaires chez les espèces de *Pediastrum*.

J'ai réparti dans le tableau ci-dessus (fig. 101) les colonies des diverses espèces suivant le nombre des cellules. L'examen de ce tableau permet tout de suite d'affirmer les différences héréditaires

des diverses espèces. Trois espèces, *P. Boryanum*, *P. angulosum* et *P. duplex*, ont la propriété de former des colonies à 64, 128, voire 256 cellules, mais ne donnent que peu de colonies à 8 cellules, surtout *P. angulosum*, et très rarement des colonies à 4 cellules. Au contraire, deux espèces, *P. Tetras* et *P. Braunii*, donnent surtout des colonies à 4, 8 et 16 cellules. Quant aux trois autres espèces, *P. simplex*, *P. Kawraiskyi*, *P. biradiatum*, elles donnent surtout des colonies à 8, 16 et 32 cellules, avec un maximum plus ou moins net pour les colonies à 16 cellules; de sorte que les colonies à 16 cellules sont les plus nombreuses dans le genre *Pediastrum*.

Le cas que l'on observe le plus souvent dans la multiplication végétative, c'est celui où la colonie fille a le même nombre de cellules que la colonie mère (V. 3^e partie, fig. 159); mais chez toutes les espèces, chez lesquelles j'ai pu voir des cas de multiplication végétative, j'ai observé des cas de réduction et des cas d'augmentation du nombre des cellules: ces cas sont fréquents chez *P. Boryanum*. J'ai donc été amené à chercher les causes de cette variation.

a) Observations dans les milieux naturels

Dans l'étang du Jardin botanique de Tours, j'ai déterminé, à différentes époques de l'année, les nombres de colonies à 8, 16, 32 et 64 cellules, contenus dans 100 colonies de *P. Boryanum*.

	17/10/1929	7/12/1928	12/3/1930	Total des 3 récoltes	27/4/1929 (1)	29/5/1929 (2)	30/9/1930 (3)	Total des 3 récoltes
Colonies à 8 cellules	3	8	7	18	1	3	2	6
16 cellules	49	62	57	168	31	54	37	122
32 cellules	47	30	35	112	65	42	61	168
64 cellules	1	0	1	2	3	1	0	4
	100	100	100	300	100	100	100	300

(1) Début de l'envahissement de la zone planctonique par les jeunes colonies.

(2) Fin de la période de prédominance de *P. Boryanum* dans la zone planctonique.

(3) *P. Boryanum* très abondant.

Sans vouloir trop solliciter ces chiffres, on peut en extraire les faits suivants :

1° Les colonies à 16 et à 32 cellules sont toujours nettement prédominantes; les colonies 8-cellulaires sont rares, celles à 64 cellules isolées; quant aux colonies à 4 et à 128 cellules, elles ne sont que tout à fait exceptionnelles: je n'ai pas souvenir d'en avoir rencontré plus de 3 ou 4 en cinq ans.

2° Dans l'étang du Jardin botanique de Tours, les colonies de *P. Boryanum* à 16 cellules dominent d'octobre à mars. Au contraire, d'avril à septembre, les colonies 32-cellulaires l'emportent. De plus les colonies à 32 cellules deviennent brusquement prédominantes lorsque *P. Boryanum*, en fin d'avril, commence à se multiplier rapidement et à devenir commun dans le plancton. A la fin de mai, on a de nouveau une prédominance des colonies 16-cellulaires; en août, au moment où *P. Boryanum* est de nouveau très commun, nouvelle prédominance des colonies à 32 cellules.

Cette variation peut être expliquée de la façon suivante. On sait que la division des noyaux débute de bonne heure chez *P. Boryanum*: CHODAT et HUBER (58, p. 3) ont montré que les cellules des jeunes colonies étaient polynuclées. On peut concevoir que, pendant l'hiver, la multiplication étant très ralentie, la division nucléaire se poursuit plus loin et qu'au printemps les premières colonies qui se multiplient contiennent un grand nombre de cellules à 32 noyaux, donnant des colonies à 32 cellules; ensuite, la multiplication devenant rapide, de nouveau les colonies 16-cellulaires prédominent; en août, nouvelle poussée de l'espèce, après une accalmie dans la multiplication, et nouvelle prédominance des colonies à 32 cellules.

En d'autres termes, étant admis que les dimensions des zoospores sont toujours sensiblement les mêmes, leur nombre doit varier avec le volume de la cellule. Si l'on assimile la cellule à une sphère, il suffit que le rapport des diamètres de deux cellules soit de 1,3 environ pour que le rapport des volumes soit de 2, donc pour que le nombre des zoospores soit double. Des différences de taille de cet ordre, dans les cellules d'un même cénobe adulte, n'ont rien d'exceptionnel. Elles sont encore plus fréquentes d'un cénobe à un autre, à la même époque de l'année ou mieux à diverses époques. Dans une période favorable au développement et à la multiplication, les cénobes sporulent dès qu'ils sont adultes; quand la sporulation n'est plus

favorisée par les conditions extérieures, le cénobe vieillit, ses éléments continuent à grossir: ils donneront, à la sporulation suivante, de jeunes cénobes à cellules plus nombreuses. Le cas extrême est réalisé chez les kystes, remarquables par leur grande taille, qu'on rencontre en hiver dans les dépôts et qui germent au printemps, en donnant presque toujours quatre cénobes chacun, ou un nombre de zoospores équivalent.

Peut-être aussi la variation de la valeur nutritive du milieu amène-t-elle une variation dans le nombre des colonies à 16 et à 32 cellules, comme on pourrait le déduire des observations faites sur des cultures.

Il en est de même du *P. duplex*, dans la station considérée, et le même fait s'observe dans toutes les stations. Mais ce ne sont pas toujours les nombres 16 et 32 qui prédominent dans la formation des colonies. Ainsi à Serrant, si l'on considère les espèces *P. Boryanum*, *P. angulosum* et *P. duplex*, on trouve que ce sont les colonies 32 et 64-cellulaires qui sont nettement prédominantes; si, chez *P. Boryanum*, les colonies 16-cellulaires sont encore nombreuses, chez *P. angulosum* et *P. duplex* elles sont très rares, alors que les colonies de 128 cellules sont fréquentes. Le milieu paraît donc avoir une influence sur le nombre des cellules dans les colonies; peut être y a-t-il un taux de matières nutritives correspondant à la prédominance d'un ou deux nombres de cellules par colonie.

b) Observations sur des cultures

Dans les cultures spontanées provenant de l'étang du Jardin botanique de Tours, *P. Boryanum* se multiplie abondamment. On observe, tout au moins au début, comme dans le milieu naturel, une forte prédominance des colonies à 16 et à 32 cellules. Mais si l'on cultive l'Algue dans l'eau de l'étang, additionnée de nitrate de potasse dans la proportion de 0,10 0/00, on observe bientôt un arrêt presque complet de la multiplication; on trouve alors de grands cénobes à 64 cellules, plus rarement à 128; j'en ai même observé un de 256 cellules, d'un diamètre de 260 μ . De plus, les colonies normales présentent souvent de gros kystes, qui, nous le verrons, germent en donnant deux ou quatre colonies. On peut donc admettre que la forte proportion de nitrate de potasse (40 à 50 fois la dose que l'on trouve dans l'eau de l'étang) amène la formation de grosses

colonies à nombreuses cellules. Je n'ai jamais constaté l'augmentation de la proportion de cet élément dans l'eau de l'étang, au moment où *P. Boryanum* commence à se multiplier activement et où l'on voit une prédominance des colonies 32-cellulaires; mais on trouve à ce moment une plus forte dose de matières organiques, origine des nitrates (V. 4^e partie).

D'autre part, j'ai observé assez souvent des cas de réduction du nombre des cellules chez *P. Boryanum* en culture, provenant de l'étang du Jardin botanique de Tours, sans avoir jamais pu déterminer les causes du phénomène, ni le provoquer quand je le voulais; seulement, toutes les fois que les colonies 8-cellulaires devenaient nombreuses et qu'on trouvait quelques colonies à 4 cellules, en même temps que disparaissaient les colonies à 32 cellules, on pouvait constater que la multiplication restait active, mais que beaucoup de colonies présentaient des cellules envahies par des gouttelettes d'huile. De plus il ne se formait pas de kystes. D'après certains auteurs, ces phénomènes s'expliqueraient par une diminution de la valeur nutritive du milieu; je ne suis pas en mesure de me prononcer; j'ai vu cependant le phénomène de réduction dans le nombre des cellules se produire dans des vieilles cultures reprises par l'eau distillée et en voie d'assèchement, ce qui correspond évidemment à un appauvrissement nutritif du milieu. Cette explication a aussi l'avantage de s'accorder avec l'une de celles que j'ai données ci-dessus de l'augmentation du nombre des cellules des colonies, qui serait provoquée par un accroissement de la valeur nutritive du milieu.

Le nombre et la disposition des cellules n'étant pas héréditaires et fixés, mais variables et soumis à l'influence du milieu et de l'âge, on ne peut s'en servir en systématique. On trouve encore, cependant, des variétés établies sur le nombre des cellules, ou du moins sur des caractères morphologiques en relation avec le nombre des cellules. C'est le cas des variétés *recurvatum*, *divergens*, *cruciatum*, *gracile*, établies d'après l'allure spéciale des cénobes à 8 ou 4 cellules, chez les espèces à 2 pointes bien développées: les pointes de chaque cellule du pourtour divergent l'une de l'autre, plus ou moins recourbées vers l'extérieur (fig. 102). Cette allure particulière n'est qu'une conséquence du petit nombre des cellules du cénobe. Soit, en effet, un cénobe de *P. Boryanum* à 32 cellules: la circonférence du disque, sur laquelle s'appuient les bases des cellules marginales, est relativement considérable par rapport à la circonférence où s'étalent les

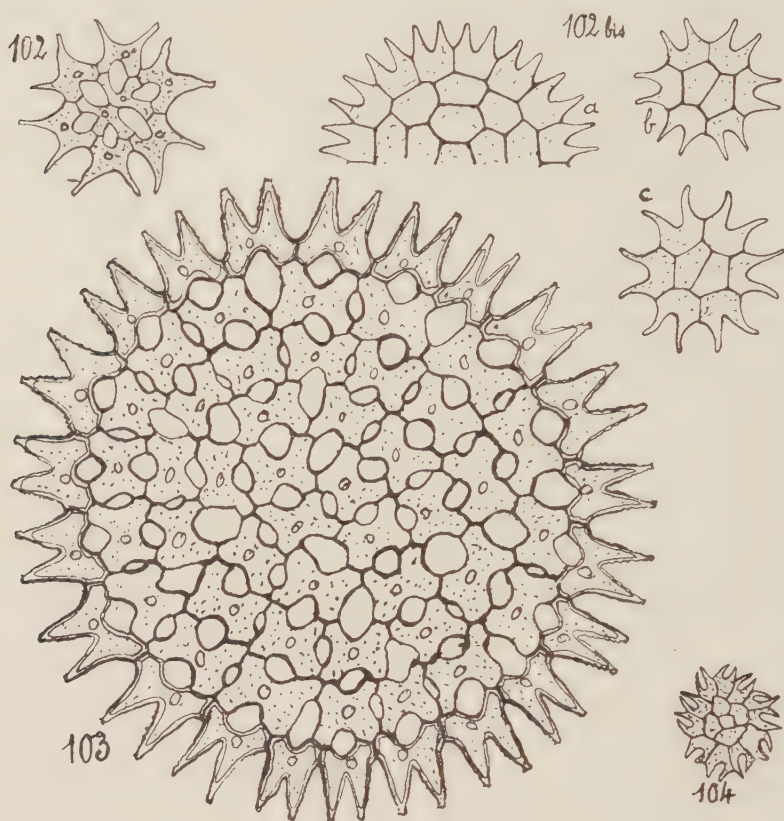


FIG. 102. — *P. duplex* $\times 500$. Forme *recurvatum*. Cher.

FIG 102 bis — *P. Boryanum*. Schématique. a) Cénobe 32-cellulaire; b) Cénobe 8-cellulaire (hypothétique); c) Cénobe 8-cellulaire (réel : forme *recurvatum*).

Fig. 103. — *P. duplex* $\times 500$. Cénobe adulte à nombreuses cellules, forme normale.

FIG. 104 — *P. Boryanum* $\times 500$. Forme *forcipatum* : forme benthique, disposition anormale des cellules.

extrémités des pointes; les deux pointes de chaque cellule du pourtour sont sensiblement parallèles et la distance qui les sépare l'une de l'autre est à peu près égale à la distance qui les sépare des pointes des cellules voisines: la distribution des pointes sur le pourtour du cénobe est uniforme (fig. 102 bis a). Dans un cénobe à 8 cellules, la circonférence des pointes est beaucoup plus considérable que la circonférence du disque; si les deux pointes de chaque cellule restaient parallèles (fig. 102 bis b), les pointes de l'ensemble du cénobe seraient rapprochées deux à deux, séparées par de grands inter-

valles; pour distribuer les points de contact avec l'eau d'une façon plus uniforme, les extrémités des pointes de chaque cellule divergent et se recourbent vers les pointes des cellules voisines (fig. 102 bis c): la capacité de flottement du cénobe est ainsi améliorée.

Ce qui confirme cette manière de voir, c'est que les formes *divergens* et *recurvatum*, apparaissent chez les colonies 16 et 32-cellulaires de *P. Boryanum* et *P. duplex*, quand le nombre des cellules du pourtour est inférieur aux nombres moyens, soit à 10 pour les colonies à 16 cellules et à 15 ou 14 pour les colonies à 32 cellules. Dans ce cas, en effet, le nombre des pointes est moins grand, elles peuvent s'étaler davantage.

De plus, les formes contraires, c'est-à-dire les types *cohoerens*, *convergens*, *rectangulare*, se trouvent surtout, chez *P. duplex*, dans les colonies à 32, 64 ou 128 cellules: les pointes des jeunes colonies sont serrées (fig. 103); quand les colonies vieillissent, les pointes se renflent, comme on l'a vu; quoi d'étonnant alors qu'elles arrivent à se toucher?

Quant au type *forcipatum* de CORDA, dont certains auteurs, tel que BRUNNTHALER (50, p. 102, fig. 61 f), font encore aujourd'hui une variété de *P. Boryanum*, je ne l'ai vu que très rarement, sur de toutes jeunes colonies, fraîchement dégagées de leur vésicule, et vivant en cultures ou dans les vases. Je ne crois pas devoir le considérer, au moins jusqu'à de nouvelles observations, comme autre chose qu'un stade de jeunesse, très court et très exceptionnel (fig. 104).

Pour toutes ces raisons, les variétés suivantes nous paraissent dépourvues de toute valeur systématique :

1) *P. Boryanum* var. *cruciatum* Kützing (125, p. 192). Cette variété est mentionnée par BRUNNTHALER (50, p. 102). Les colonies sont à 4 cellules et les pointes sont divergentes; ce qui n'est pas surprenant, car les pointes sont plus ou moins exactement dirigées suivant des rayons équidistants de la colonie, de sorte que plus le diamètre est petit (il ne dépasse guère 30 μ dans les colonies 4-cellulaires), plus elles paraissent diverger. Les colonies 4-cellulaires, que j'ai trouvées en cultures et qui provenaient certainement de colonies 16 ou 32-cellulaires de l'étang du Jardin botanique de Tours, présentaient bien ce caractère.

2) *P. duplex* forma *gracilis*, BRUNNTHALER (50, p. 95, fig. 57 c) (= *P. gracile* Braun, 45, p. 91) et *P. duplex* var. *recurvatum* Braun, 45, p. 93 (BRUNNTHALER, 50, p. 95, fig. 57 g). La première forme se

rapporte à des cénobes 4-cellulaires, à pointes divergentes; la seconde à des cénobes 8-cellulaires, à pointes recourbées vers l'extérieur. Il est certain que, lorsqu'on observe côte à côte, dans une même préparation, une colonie à 8 cellules et une colonie à 64 cellules (fig. 102, 103), on a l'impression de voir deux organismes différents; mais il n'est pas moins certain que la colonie à 8 cellules peut provenir, au moins indirectement, de la colonie à 64 cellules, ou inversement; la divergence ou la courbure des pointes ne sont pas héréditaires et n'ont pas de valeur systématique.

3) *P. biradiatum* var. *longecornutum* Gutwinski (98, p. 35, T. VII, fig. 64), BRUNNTHALER, 50, p. 105, fig. 66 c. Les cénobes sont à 4 cellules. Les huit bras des cellules sont dirigés sensiblement suivant huit rayons équidistants; à l'extrémité de chaque bras les deux pointes divergent, surtout les externes, qui se touchent presque d'une cellule à l'autre. Ce caractère, qui donne à la colonie un aspect différent de celui d'un cénobe à 16 ou 32 cellules, est lié à la constitution 4-cellulaire de la colonie et n'a pas plus de valeur systématique.

B. COLONIES CÆLASTROIDES

La disposition des cellules ne se fait pas toujours dans un plan; on trouve quelquefois dans la nature, fréquemment dans les cultures, des jeunes colonies en boules: CHODAT (58) les a nommées colonies cœlastroïdes.

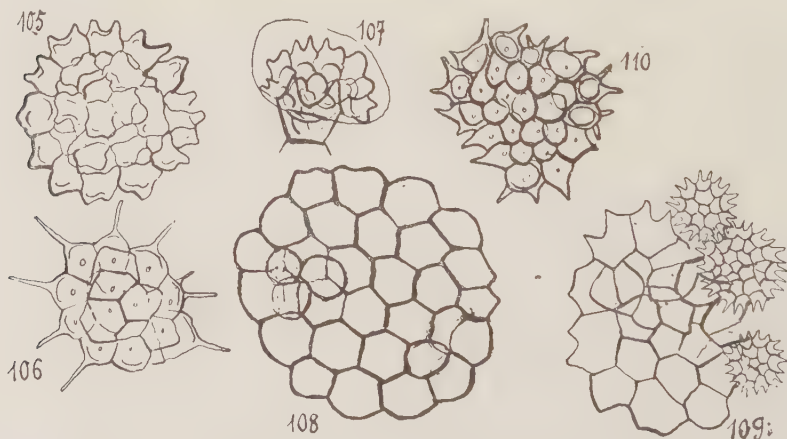


FIG. 105 - 110 $\times 500$. Formes cœlastroïdes de cultures. — 105, *duplex*; 106, *simplex*; 107-110; *Boryanum* (110, cf. Kazvraiskiy). (Jard. bot. de Tours).

J'en ai observé chez *P. Boryanum*, *duplex* et *simplex*. Chez ces deux dernières espèces, elles sont rares (fig. 105, 106). On remarquera que la colonie cœlastroïde de *P. simplex* a une cellule à 2 pointes, et celle de *P. duplex* des cellules à une seule pointe. Chez *P. Boryanum*, elles sont plus fréquentes. Ce sont des colonies non étalées; les cellules se trouvent sur plusieurs plans; celles du pourtour, qu'on distingue mal de celles du disque, ont des formes variables: elles sont souvent arrondies et sans pointes.

CHODAT (58, p. 6, Tab. I, fig. 7, 8) les a étudiées et a mis en évidence l'influence de la concentration du milieu nutritif sur leur production. Il a mis en culture du *P. Boryanum* fraîchement récolté, provenant du lac de Genève, dans des solutions de NAEGELI à 3, 5, 10 o/oo, et dans une solution de nitrate de potasse à 10 o/oo. Il a obtenu des colonies cœlastroïdes dans les trois dernières solutions. J'ai remarqué, de mon côté, qu'il suffisait d'abandonner des récoltes riches en *Pediastrum*, principalement en *P. Boryanum*, dans des cristallisoirs ou des bocaux largement ouverts, pour obtenir rapidement des colonies cœlastroïdes, tandis que dans des flacons bouchés ou même dans des fioles coniques, où l'évaporation est faible, on en trouve très peu.

Si la concentration a une action sur la production des cénobes en boule, la vie benthique en a une au moins égale; voici quelques observations à ce sujet: 1° Quand on observe au laboratoire des jeunes cénobes en boule, on les trouve presque toujours encore engagés dans la cellule mère de la colonie plane, d'où ils proviennent; c'est donc que la vésicule ne s'est pas échappée et que les corpuscules se sont organisés dans l'intérieur de la cellule mère. 2° Ces jeunes colonies cœlastroïdes sortent de la cellule mère par une fente dans la paroi supérieure (fig. 107), exactement semblable à celle par laquelle s'échappent la vésicule et les corpuscules mobiles, quand la multiplication est normale. 3° Il arrive, comme nous le verrons plus loin (troisième partie, p. 132, fig. 161), que la jeune colonie s'organise dans l'intérieur de la cellule mère et constitue cependant un cénobe parfaitement plan; mais alors la mise en liberté a lieu soit par gélification de la paroi de la cellule mère, soit par rupture de cette dernière sur le bord externe, dans le cas d'une cellule marginale, sur la ligne de suture avec les cellules voisines, dans le cas d'une cellule du disque.

Ces faits me portent à considérer la formation des colonies

cœlastroïdes comme un accident, dû à la vie benthique des cénobes et à la concentration du milieu.

En effet, 1° les colonies cœlastroïdes, une fois dégagées de la cellule mère, tendent vers l'aplatissement et souvent parviennent, exception faite pour quelques cellules, à s'étaler dans un plan (fig. 108), si le milieu n'est pas trop concentré; 2° les dépôts des cultures contenant des colonies cœlastroïdes, repris par l'eau distillée, redonnent des colonies planes, avec des pointes aux cellules marginales (fig. 109).

En résumé, la forme cœlastroïde, qui est très voisine de la forme *integrum* décrite par NAEGELI, ne présente rien d'héréditaire et est due uniquement à des actions de milieu.

Cependant les colonies cœlastroïdes ont trompé beaucoup d'auteurs, qui les ont réunies au *P. integrum* ou même en ont fait des espèces spéciales. Ainsi MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, 158) a créé une nouvelle espèce, *P. procoax*, et fondé sa diagnose sur le vu de quelques spécimens, que je considère comme des colonies cœlastroïdes. Les cellules n'ont pas de pointes; elles sont arrondies et toutes semblables. Le cénobe est perforé; les cellules sont le plus souvent disposées sur trois plans qui se recouvrent. Le cénobe paraît donc globuleux, vu par-dessus, et divisé en 3 plans quand il est vu de côté: ce qui distinguerait la nouvelle espèce de *P. integrum*. Les cellules marginales ont quelquefois, mais très rarement, une ou deux pointes. Les membranes sont le plus souvent granuleuses. L'auteur fait remarquer la parenté de sa nouvelle espèce avec le genre *Coelastrum*; en effet, d'après la diagnose, et surtout si l'on se reporte aux dessins de l'auteur, on constate que les cellules de *P. procoax* sont semblables à celles de *C. microporum* et qu'elles sont liées entre elles absolument comme chez cette dernière espèce; seulement elles sont disposées sur plusieurs plans qui se recouvrent, au lieu d'être distribuées sur une surface sphérique, et c'est pour cela que l'auteur rattache son organisme au genre *Pediastrum*. Je n'ai jamais trouvé d'organismes absolument semblables dans mes récoltes fraîches; mais la colonie de la figure 108 rappelle le *P. procoax*: ce cénobe, qui provient du développement d'une colonie cœlastroïde incomplètement étalée, se rapproche évidemment du *Coelastrum microporum* par la forme arrondie de ses cellules, même de celles du pourtour.

Au Laboratoire de Botanique d'Angers, nous avons aussi été

trompés quelque temps par ces colonies cœlastroïdes, en ce sens qu'elles nous ont fait douter de l'existence du vrai *P. Kawraiskyi*, que nous n'avions pas encore rencontré. En effet, certaines d'entre elles, comme celles de la figure 110, portent des pointes assez longues et plus ou moins totalement superposées, de sorte qu'on en voit souvent qu'une. Mais elles restent dans l'ensemble essentiellement différentes des colonies de *P. Kawraiskyi* et je les rapporte sans aucune hésitation, étant donné leur provenance (cultures de *P. Boryanum*), au *P. Boryanum*.

C) VARIATIONS DANS LA POSITION DES POINTES PAR RAPPORT AU PLAN DE LA COLONIE

Normale chez *P. Kawraiskyi*, cette variation dans la position des pointes se produit quelquefois chez *P. Boryanum* et chez *P. biradiatum*.



FIG. 111. — *P. biradiatum* $\times 500$. Forme exceptionnelle à bifurcations superposées (*P. tetrapodum* Mor. — Wod.); Serrant.

Dans une récolte provenant de l'Etang de Serrant j'ai trouvé des cénobes de *P. biradiatum*, dont certaines cellules marginales avaient les pointes superposées (fig. 111).

MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, 158) a rencontré, dans des récoltes provenant des lacs Sseliger et de la rivière Soj, des cénobes dont toutes les cellules marginales présentaient ce caractère; ces cénobes étaient rares. Elle en a fait une nouvelle espèce, *P. tetrapodum* dont elle a donné la diagnose suivante (157, p. 29):

« *Cellulæ quattuor processibus armatæ, alternis deflexis ad*

latera diversa. Cænobia perforata. Cellulæ tetragonæ duobus sive rarius quattuor lateribus emarginata. Cellulæ lateribus usque ad medium sæpius basi conjunctæ, qua re cænobia perforata inter extremas laterum partes, simul inter anticæ et posticæ partes et in marginibus.

« *Cellulæ periphericæ medio sinum profundum, rectangulum aut acutangulum, etiam a latere cellulæ medianæ duos sinus habentes; quibus profunde processus primi uterque in partes binas semifusiformes discisi ad cænobii discum versus; cornua tali modo formata ad latera diversa deflexa.*

« *Cornubus cellulæ Pediastro Kawraiskyi subanformes. Membrana glabra.*

« 1. *P. tetrapodum*, var. *typicum* mihi, fig. 3 (158);

« 2. *P. tetrapodum*, var. *tricornutum* (Borge) mihi, fig. 4 (158)».

Cette diagnose et les dessins de l'auteur nous montrent une forme massive à petits méats; les bras des cellules sont à peine dégagés, tels que se présentent quelquefois les cénobes de *P. biradiatum* fixés sur les feuilles, ou végétant sur le fond des cultures (fig. 112). La superposition des pointes des cellules marginales que l'on peut quelquefois observer me paraît se produire accidentellement sur des cénobes flottants de *P. biradiatum*. Elle se produit aussi quelquefois chez *P. Boryanum*, par exemple; DEFLANDRE (70, p. 674) a trouvé cette forme à l'état naturel, en grande abondance il n'en a pas fait pour cela ni une nouvelle espèce ni une nouvelle variété. WOLOSZYNSKA (285, p. 14, fig. 47) a également rencontré des cénobes avec pointes superposées aux extrémités des bras; elles les a rattachés au *P. biradiatum*, en faisant remarquer que la superposition des pointes, normale chez *P. Kawraiskyi*, peut se rencontrer aussi chez *P. biradiatum*, *P. Tetras* et *P. Boryanum*.

D'autre part, MOROSOWA-WODIANITZKAJA rattache au *P. tetrapodum* Mor.-Wod., sous le nom de *P. tetrapodum* Mor. Wod. var. *tricornutum* n. v. (= *P. tricornutum* Borge ex p.), une forme que l'on peut rapporter à *P. biradiatum* Meyen (157, p. 30, II, fig. 26). La cellule du pourtour est biradiée, mais les bras sont courts et terminés par deux courtes pointes, tantôt l'une à côté de l'autre, tantôt l'une au dessus de l'autre; les cellules marginales sont soudées à la base et au sommet, laissant entre elles un petit méat au milieu

de leur hauteur. Je n'ai pas observé de cénobes absolument semblables à ceux que décrit l'auteur, mais seulement des formes voisines (fig. 112). Elles se rattachent évidemment au *P. biradiatum*, forme type, par la cellule du pourtour: on distingue les deux bras et les quatre pointes, mais celles-ci prennent toutes les directions; les colonies sont massives, irrégulières, souvent gauches, caractères qui se retrouvent sur les colonies benthiques (cultures spontanées). En tout cas, ces cénobes et ceux que décrit MOROSOWA-WODIANITZKAJA sont absolument différents du *P. tricornutum* Borge (= *P. Braunii* Wartm.), dont les cellules marginales sont soudées entre elles sur toute leur longueur et ne sont ni biradiées, ni incisées (voir 2^e partie).

CHAPITRE CINQUIEME

ORNEMENTS ET MODIFICATIONS DIVERSES
DE LA MEMBRANE

A) GRANULATIONS

On observe des granulations principalement chez *P. Boryanum*, *duplex*, *simplex*. Les auteurs, pour la plupart, leur donnent une valeur systématique, puisqu'ils s'en servent pour établir leurs variétés: *granulatum*, *subgranulatum*, *asperum*, *echinulatum*, *rugosum*, etc.

L'étude de l'apparition et du développement des granulations chez *P. Boryanum*, par exemple, montre que ces productions dépendent de l'âge des colonies et du milieu. CHODAT (55, p. 226), l'avait déjà indiqué, ainsi que VAN OYE (170, p. 7).

Dans l'étang du Jardin botanique de Tours, au printemps, on observe deux sortes de colonies: les unes, plus petites, d'un vert tendre, sans cellules vides, à pyrénioïde très visible, à parois minces et absolument lisses; les autres, plus grosses, d'un vert foncé, à pyrénioïde à peine apparent, avec des cellules vides (souvent le plus grand nombre), et à parois épaisses, couvertes de granulations fines et serrées, souvent disposées en rangs parallèles (fig. 43). Les premières viennent des secondes: ce sont des colonies écloses au printemps; les autres sont des cénobes de l'année précédente, qui ont passé l'hiver dans le plancton et ont donné des colonies filles aux premières chaleurs.

Ces premières jeunes colonies à parois lisses se multiplient elles-mêmes abondamment en mai-juin, époque où *P. Boryanum* domine dans la station; à cette époque, on trouve très peu de colonies granuleuses.

C'est l'inverse à l'automne, où presque toutes les colonies sont granuleuses, sauf les petites; et encore il n'est pas rare, en fin de saison, de voir apparaître des granulations sur des cénobes de 50 μ , alors qu'au printemps les cénobes de 80 μ en sont encore dépourvus.

Il est remarquable qu'à cette époque les cénobes deviennent tous granuleux. Faut-il donc admettre qu'une « *bonne variété lisse* » de *P. Boryanum* ayant disparu après le printemps, l'étang se repeuple en automne avec une autre « *variété granuleuse* » ?

D'autre part, les récoltes faites dans l'étang à la fin de l'hiver ou au début du printemps contiennent presque uniquement des cénobes granuleux; elles donnent lieu brusquement, en cultures, à une extraordinaire éclosion de *P. Boryanum*: or aucune jeune colonie n'a de granulations et j'ai vu, des centaines de fois, des cénobes lisses à 16 ou 32 cellules, de 50 à 60 μ , en contact avec les colonies mères granuleuses, à demi vides, de 80 à 100 μ .

L'explication de cette différence entre les colonies d'été et les colonies d'hiver est facile à concevoir. A partir d'Avril-Mai, les conditions sont favorables au développement et à la multiplication: les colonies donnent des jeunes cénobes dès qu'elles sont adultes, avant d'avoir pris les caractères de la vieillesse. À l'automne, au contraire, et surtout en hiver, les conditions deviennent moins favorables; la multiplication se ralentit ou s'arrête tout à fait; les colonies n'en continuent pas moins à vivre et à accroître leurs éléments; elles vieillissent, en se couvrant de granulations.

Dans les cultures de *Boryanum* granuleux, je n'ai jamais vu réapparaître les granulations chez les nouveaux cénobes. J'ai cherché à en provoquer la formation, en ajoutant au milieu de culture divers sels de fer, de magnésium, de potassium: je n'ai obtenu aucun résultat à ce point de vue; sans doute parce que, dans les cultures, la multiplication est relativement rapide et que le facteur « âge » n'a pas le temps d'intervenir.

Il est possible, d'ailleurs, que la forme granuleuse ne se retrouve pas avec la même régularité, dans toutes les stations, chez les cénobes d'hiver: il n'est pas douteux, non plus, que les caractères chimiques de tous les milieux ne sont pas identiques et ne sont pas également favorables à la multiplication.

Il n'en reste pas moins certain que les granulations sont essentiellement des caractères individuels de vieillesse.

B) PLISSEMENTS

Les plissements consistent en des épaisissements linéaires, simples ou anastomosés en réseau; je n'en ai jamais vu chez *P. simplex*, ni chez *P. Boryanum*; les auteurs n'en ont pas signalé non plus. WEST (254, p. 132, pl. III, fig. 22) rattache à *P. Boryanum* var. *rugu-*



FIG. 112 bis. — *P. angulosum* $\times$ 500. Développement des plis.

losum West une forme à membranes ridées, qui nous paraît être du plus pur type *angulosum*, si l'on s'en rapporte au dessin de l'auteur. Les cellules marginales, avec leur échancrure caractéristique, les cellules du disque, plus ou moins quadrangulaires et allongées transversalement, sont identiques aux cellules du *P. angulosum*.

Les cénobes adultes de cette dernière espèce, dans notre région, portent toujours des plis en réseau, ce par quoi on le distingue tout de suite des colonies de *P. Boryanum*, qui n'en ont jamais. Sur les colonies les moins plissées, on observe des rides à peu près parallèles aux bords de la cellule; ces rides se continuent sur les pointes, où on peut les voir passer sous la cellule en déterminant sur la pointe des dents de nature pectique (fig. 112 bis); sur les vieilles colonies, les plis sont devenus épais, nombreux et anastomosés. Ce caractère n'apparaît donc qu'avec l'âge et n'a aucune valeur systématique (CHODAT, 55, p. 226-228).

J'ai aussi trouvé des plis sur le *P. duplex*, mais uniquement sur les colonies provenant de la station de Serrant, où *P. angulosum* est si abondant. Dans l'étang du Jardin Botanique de Tours, comme à l'étang Saint-Nicolas, *P. duplex* a des membranes toujours lisses; dans l'étang du Malaguet, il donne des colonies granuleuses.

Il paraît simple d'admettre que ces quatre espèces, *P. simplex*, *duplex*, *Boryanum*, *angulosum*, ont une tendance spécifique à produire des membranes ornées de plis ou de granulations; cette ten-

dance se manifeste d'une façon inégale suivant les milieux. Elle se traduit, chez *P. simplex* et *Boryanum*, par des granulations variables de forme et de grosseur; chez *P. angulosum*, par des plis; chez *P. duplex*, tantôt par des plis, tantôt par des granulations.

SMITH (237 bis, p. 475, pl. 25. fig. 13; 235, p. 169, pl. 46, f. 1) a décrit et figuré un *P. sculptatum*, nov. spec., provenant d'une seule station du Wisconsin et noté comme très rare. Les cellules marginales ont deux pointes; le disque est plein dans une moitié du cénobe, perforé dans l'autre moitié; le caractère le plus remarquable est la présence d'un réseau serré de nervures, à mailles polygonales, couvrant toutes les membranes, sauf l'extrémité hyaline des pointes. Ces ornements ont décidé l'auteur à créer une espèce nouvelle, qu'il considère comme voisine de *P. Boryanum*. — On pourrait, avec plus de raisons peut-être, rattacher l'organisme de Smith au *P. duplex*. Je n'ai jamais rencontré, chez *P. Boryanum*, d'autres ornements que des granulations. Chez *P. duplex*, au contraire, j'ai souvent observé, sur les cellules des cénobes âgés, un réticulum fort net, mais jamais aussi régulier (fig. 68-70, p. 51). La figure de Smith se rapproche davantage d'un dessin de LUCKS (153, f. 12), qui représente un *P. duplex clathratum*, à grandes cellules couvertes d'un réseau à mailles plus ou moins alignées et rectangulaires : Lucks n'en a pas fait même une variété nouvelle. Elle se rapproche aussi des dessins de RACIBORSKI (187, f. 30, 34, 35, 39), représentant des variétés de *P. duplex*, dessins reproduits en partie par BRUNNTHALER (50, p. 97, fig. l, m, n). — Tant qu'on n'aura pas suivi le développement de ce *P. sculptatum* et observé les stades de jeunesse, il me semble très permis de ne pas y voir autre chose qu'un cénobe âgé de *P. duplex*, plissé et réticulé à l'extrême.

Je dois signaler ici aussi l'aspect caractéristique de la membrane du *P. Kawraiskyi*. Elle est épaisse, rougeâtre et paraît rugueuse; tantôt elle porte des granulations larges et aplaties, tantôt des rides simples, grossièrement parallèles. Malheureusement je n'ai pas encore trouvé *P. Kawraiskyi* ailleurs que dans la station de Serrant et je n'ai pu le garder en culture; de sorte qu'il est difficile de savoir quelle est la part de l'action de milieu dans la production des caractères de cette membrane.

C) FORMES *GLANDULIFERUM*

La forme *glanduliferum* est caractérisée par une pointe hyaline assez longue, terminée par une boule de même nature.

BENNETT (15, p. 7, fig. 5-7), en 1892, a fait de cette forme une espèce nouvelle : *P. glanduliferum*. Mais KUETZING (125, p. 191), en 1849, avait donné la diagnose suivante du *P. Boryanum* : « ... *disco continuo, cellulis periphericis bicornutis, cornibus hyalinis, subulatis, apice capitatis...* ». On peut même voir des figures d'un *Boryanum glanduliferum* dans les dessins de CORDA (62, pl. III, f. 14). Ce qui prouve que les boules hyalines à l'extrémité des pointes des cellules marginales avaient été observées sur des *Pediastrum* avant BENNETT. Cependant cette forme est rare ; ni REINSCH, ni RABENHORST, ni DE TONI, ni RACIBORSKI ne la signalent ; il faut, à ma connaissance, aller jusqu'à LUCKS (153, p. 146, fig. 17-18), en 1907, pour la retrouver. Cet auteur signale trois formes : f. *granulata*, f. *glabra*, dans l'Ottominer See, près de Dantzig ; f. *perforata* (n. v.) dans l'Espenkruger See, près de Neustadt. Les cénobes sont en tous points semblables à ceux de *P. Boryanum* et n'ont ni les énormes dimensions, ni les petits méats des cénobes de BENNETT. LUCKS d'ailleurs avait d'abord considéré cette forme comme une simple variété du *P. Boryanum* (var. *capituligerum*).

NITARDY (162, p. 179) suit LUCKS : il décrit le *glanduliferum* sous le nom de *P. Boryanum* var. *capituligerum* (Luck's) n. v. ; il le signale comme fort répandu aux environs de Königsberg et d'Elbings. Les boules, d'après NITARDY, sont de nature gélatineuse et rappellent les poils sécréteurs des *Drosera*.

VAN OYE (170, p. 18) a trouvé aussi la plante de BENNETT à Java ; mais elle ne paraît pas commune : l'auteur n'indique qu'une seule station. Il l'admet comme espèce distincte.

FISCHER (81 bis, p. 18) rattache la forme *glanduliferum* au *P. Boryanum* var. *longicorne* Reinsch, f. *capitata glabra* et *granulata* ; il indique qu'il l'a trouvée dans un petit étang marécageux et dans une flaque d'eau sous un pont.

MOROSOWA-WODIANITZKAJA fait du *glanduliferum* une simple forme du *P. Boryanum* (157, p. 26).

La forme *glanduliferum* n'est pas très rare en Touraine : je l'ai

trouvée dans la Loire, où DES CILLEULS (59, p. 54) l'avait déjà signalée; dans le Cher, où elle n'est pas très abondante et aussi dans l'Indre (sept. 1929). Dans les étangs elle est moins répandue; je ne connais encore qu'une station où on l'a trouvée en abondance, l'étang de Bellai, au Nord-Est de Saumur: le 18 novembre 1929, M. MARTIN a apporté au laboratoire une récolte de plancton, dont l'étude m'a permis quelques observations nouvelles. Alors que les pêches habituelles de cet étang renfermaient du *P. Boryanum* typique, ce jour-là tous les *Boryanum* étaient *glanduliferum*.

Les colonies sont à 16, 32 et 128 cellules. Le disque est plein; les cellules sont penta- ou hexagonales comme chez *P. Boryanum*; les dispositions sont les mêmes. Les cellules marginales ont deux lobes verts courts, coniques et prolongés par une pointe hyaline, cylindrique, flexible, portant à son sommet une boule de même nature. Voici les dimensions prises sur un cénobe 32-cellulaire: diamètre (pointes comprises) 120 μ , hauteur des cellules du pourtour 15 μ , longueur de la pointe hyaline 5 μ , diamètre du bouton 2,5 μ . Les membranes restent lisses. Dans les colonies plus petites, la longueur de la pointe dépasse la hauteur de la cellule.

Les boules et les pointes hyalines se comportent, vis à vis des réactifs colorants, comme le squelette cénobial. Les colorants ont été essayés, après action de l'hypochlorite de soude dissous et de l'acide acétique dilué, sur des échantillons récoltés depuis peu :

rouge neutre	réaction positive;
bleu de méthylène à 1/100°	réaction positive;
rouge congo	réaction négative;
carmin aluné	réaction négative;
iode et acide sulfurique	col. violette et non bleue comme avec la cellulose

L'acide chlorhydrique est sans action sur les boules, mais l'acide sulfurique à 1/5 les fait gonfler et l'on distingue plusieurs couches concentriques (fig. 113). La pointe apparaît alors brisée à son extrémité, comme s'il s'agissait d'une émission de mucilage à l'extrémité d'un tube ouvert.

En résumé, les boules hyalines sont certainement de nature pectique, mais la substance qui les constitue, quoique de même nature que le squelette cénobial, n'a pas la même consistance; elle est plus ou moins muqueuse, gélatineuse; la limite de la boule est souvent incertaine.

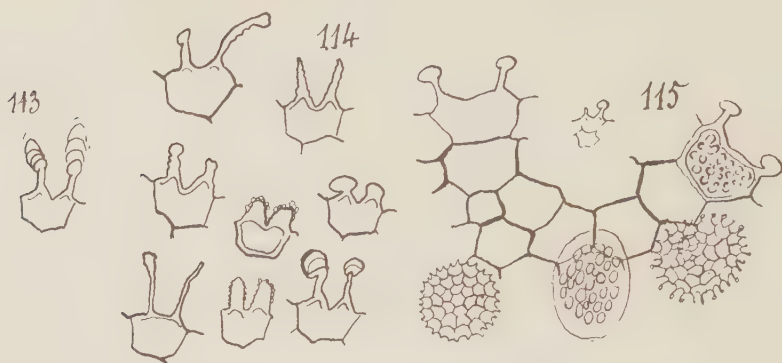


FIG. 113-115. — *P. Boryanum* $\times 500$. Forme *glanduliferum*. Etang du Bellai. — 113, après traitement par SO^4H^2 ; — 114 formes diverses de cultures; — 115, multiplication en cultures.

Quelle est la signification biologique de ces boules ? Sont-elles destinées à alléger le cénobe, pour améliorer les conditions de flottement ? C'est peu probable, car leur poids spécifique doit être le même que celui du reste du cénobe, étant donné qu'elles sont formées par une même substance. D'ailleurs, la pointe, entièrement hyaline, constitue un organe très fragile, nullement résistant, qui paraît peu capable de fournir à la colonie un point d'appui pour flotter. On est amené ainsi à comparer la forme *glanduliferum* aux colonies de *P. Boryanum* à très longues pointes hyalines que j'ai signalées dans les cultures (fig. 57, p. 44). A vrai dire, je n'ai jamais vu celles-ci se terminer par des boules bien nettes ; mais j'ai suivi, en culture, la récolte de l'étang de Bellai ; on est très loin de retrouver des boules sur tous les cénobes ; beaucoup ont leurs cellules marginales, ou certaines d'entre elles, semblables à celles de la figure 114. La sécrétion pectique est toujours considérable sur la pointe et l'on a toujours une forte pointe hyaline, mais très variable dans sa forme : ou très longue et fine, ou large et aplatie.

Mes observations personnelles ne m'ont pas permis de résoudre le problème de l'utilité des boules, mais je me rangerais volontiers à l'avis de Mlle WOŁOSZYŃSKA (284, p. 45, tab. II) qui croit que la boule hyaline gélatineuse permet à la colonie d'adhérer à un support pouvant ou non flotter ; elle donne un dessin très significatif : on voit non seulement des *Pediastrum*, mais aussi des *Scenedesmus*, fixés sur des petits morceaux de bois ou des grains de sable. C'est pourquoi cet auteur considère les *glanduliferum* comme du *P. Boryanum*, adapté à la fixation par l'extrémité de la pointe.

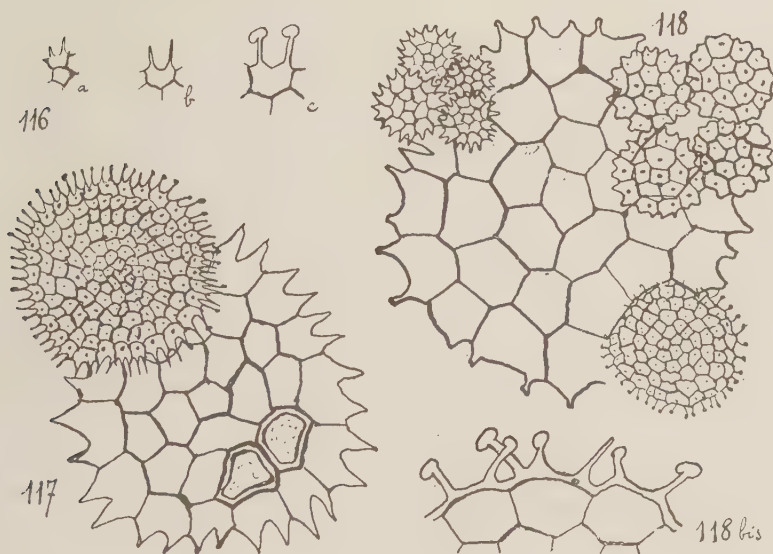


FIG. 116-118 bis. — *P. Boryanum* $\times 500$. Forme *glanduliferum*. Etang de Chevigné.
 116, développement de la pointe; 117, jeune cénobe *glanduliferum* provenant d'un kiste de *Boryanum* typique (cultures); 118, développement de kistes de *Boryanum* typique, donnant soit du *Boryanum* typique, soit du *glanduliferum* (cultures); 118 bis, forme *glanduliferum integrum* (cultures).

L'étude du développement de cette forme porte à conclure dans le même sens. La multiplication de la récolte de l'étang de Bellai a eu lieu à la température du laboratoire en décembre et en janvier. Elle est semblable à celle de *P. Boryanum* (fig. 115); mais je n'ai pas assisté à la sortie des corpuscules verts. La jeune colonie s'organise en dehors de la cellule mère, dans l'intérieur d'une vésicule hyaline, comme chez *P. Boryanum*. Cette vésicule disparaît quand les corpuscules se soudent: à ce moment on distingue, sur les cellules marginales, deux petits lobes verts, mais ni pointes hyalines, ni boules. La jeune colonie est en tous points semblable à un jeune cénobe de *P. Boryanum* type (fig. 116 a). Dans les colonies un peu plus grosses, on distingue des pointes hyalines longues, minces et sans boules, elles s'allongent vite, dépassent les capitules hyalins; on ne voit les boules que chez les colonies dont la taille atteint ou dépasse 50μ (colonies 32-cellulaires); elles continuent d'ailleurs à grossir, bien après que le cénobe a atteint sa taille maxima (fig. 116 b, c).

En résumé, les colonies présentent d'abord des lobes verts courts, puis des pointes hyalines longues, enfin des boules hyalines à l'extrémité des pointes.

Le cénobe de *P. glanduliferum* est donc semblable à *P. Boryanum*, quand il est jeune. Les colonies adultes ne diffèrent que par la présence des boules. La cellule marginale présente d'ailleurs, chez les vieux cénobes, des variations de forme, semblables à celles que l'on peut observer sur le *P. Boryanum* type. La courbure concave entre les pointes diminue, la paroi devient rectiligne (f. *muticum*), puis convexe (f. *integrum*); mais les boules existent toujours à l'extrémité des pointes hyalines plus ou moins longues (fig. 118 bis).

J'avais donc d'abord constaté une tendance, chez la plante, à reproduire cette particularité: c'est pourquoi, dans ma note à l'Académie des Sciences (20, p. 1446), j'avais conservé la variété *glanduliferum*. En revoyant mes dessins et mes notes, et surtout en présence des faits nouveaux dont je vais parler, je ne crois plus qu'il soit possible de voir dans les pointes hyalines capitées un caractère héréditaire.

Le 22 avril 1932, j'examinai une récolte de plancton provenant de l'étang de Cheigné, à Saint-Georges-sur-Loire: elle contenait *P. Boryanum* et *P. duplex*. Le 13 mai, un nouvel examen me montrait la récolte, qui avait été abandonnée dans son flacon bouché, remplie de *P. glanduliferum*. Les colonies étaient à 32, 64, 128 cellules. On pouvait y distinguer 3 stades de développement: stade *brevicorne*: jeunes colonies, diam. 50 à 60 μ , 2 pointes vertes courtes; stade *longicorne*: colonies de 70 à 75 μ , pointes hyalines longues, minces, flexibles, n'ayant évidemment aucun rapport avec l'aptitude au flottement, paraissant constituées par un tube creux, à l'extrémité duquel la boule gélatineuse commence à se développer; stade *glanduliferum*: colonies de 70 à 100 μ , boules gélatineuses pectiques à l'extrémité de la pointe.

D'où provenaient ces innombrables colonies, tournant toutes à la forme *glanduliferum*? Peut-on admettre qu'une nouvelle espèce ou variété, non aperçue dans la récolte fraîche, ait subitement envahi la culture? Je n'en crois rien: les *Boryanum* types de la récolte s'étaient vidés, les cellules avaient souvent des fentes dans la paroi; on ne voyait plus de jeunes *Boryanum* typiques; les jeunes colonies au stade *brevicorne* provenaient donc des colonies de *P. Boryanum* type de la récolte. J'ai d'ailleurs vu, le 15 mai, une jeune colonie

de 128 cellules, au stade *longicorne*, fixée sur une colonie vide de *P. Boryanum* type (fig. 117). Fin juillet 1932, la même culture que je n'avais pas cessé de suivre, donna de nouveau des jeunes colonies. On pouvait les diviser en deux groupes: 1° colonies à petit nombre de cellules, 16, 32, quelquefois 8, sans pointes ou à courtes pointes hyalines, jamais capitées; 2° colonies à grand nombre de cellules 64, 128, avec longues pointes hyalines, capitées ou non. Ces dernières étaient beaucoup moins nombreuses que les autres et souvent les boules manquaient à l'extrémité de la pointe hyaline. Or j'ai pu constater que les deux groupes de colonies provenaient des mêmes cénobes. La figure 118 montre une colonie mère non *glanduliferum*, à 32 cellules, à demi enkystées. Trois cellules marginales ont donné des jeunes colonies. L'une a donné une colonie à 64 cellules; les cellules du pourtour portent deux (rarement une ou trois) pointes hyalines minces, flexibles et déjà capitées. Les deux autres ont donné chacune 4 colonies à 16 cellules, du type *Boryanum*, à pointes courtes et entièrement vertes.

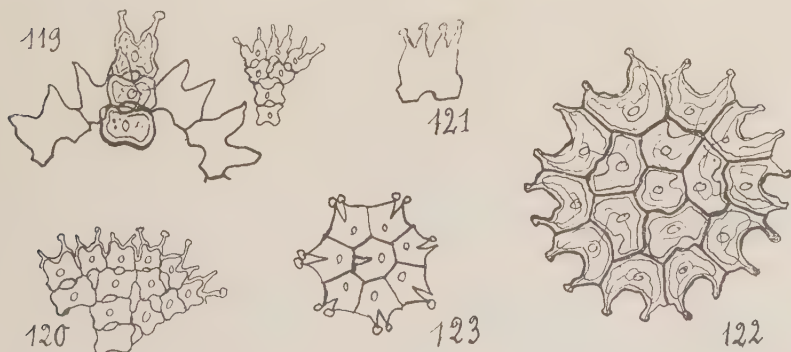


FIG. 119-123. — $\times 500$. Formes *glanduliferum* chez diverses espèces de *Pediatrum*. Cultures. — 119, 120 : *B. duplex* (Chevigné); 121, *P. biradiatum* (Serrant); 122, *P. angulosum* (Canal de St-Pierre-des-Corps); 123, *P. Tetras* (Jard. bot. de Tours).

Il ne fait donc aucun doute que la forme *glanduliferum* est du *P. Boryanum*, modifié par des actions de milieu, et que cette modification apparaît surtout chez des colonies à nombreuses cellules. J'ai toujours trouvé dans les vieilles cultures, quelle que soit leur provenance, des colonies à très nombreuses cellules, munies de pointes hyalines, très longues, mais le plus souvent non capitées.

La forme *glanduliferum*, d'ailleurs, n'est pas particulière à *P.*

Boryanum. J'ai rencontré une variation analogue chez plusieurs autres espèces : chez *P. angulosum* (fig. 122), dans des cénobes observés à l'état naturel; chez *P. biradiatum* (fig. 121), *P. Tetras* (fig. 123) et *P. duplex* (fig. 119, 120), dans des cénobes de cultures spontanées. Cette apparition du caractère *glanduliferum* chez diverses espèces est un argument de plus contre sa valeur systématique.

Quant à la cause de cette modification, elle reste incertaine. Je ferai remarquer seulement que la récolte de Chevigné, maintenue en flacons bouchés, ne s'est pas concentrée par évaporation de l'eau et n'a pas donné de colonies cœlastroïdes; tous les *glanduliferum* sont parfaitement étalés. Au contraire, elles s'est diluée par appauvrissement, dû au développement intense des *Pediastrum*.

Pourquoi les vieilles colonies n'ont-elles pas simplement évolué vers la forme *integrum*, comme dans toutes les cultures spontanées? La plupart présentaient bien le caractère principal de la forme *integrum*, à savoir l'absence d'échancrure entre les pointes (fig. 118 bis), mais les pointes restaient longues et plus ou moins capitées. Ceci porte à croire que la vie benthique, qui produit la forme *integrum*, n'est pas suffisante pour expliquer l'apparition de la forme *glanduliferum*.

Quelle que soit l'explication à donner de la forme *glanduliferum*, il faudra, me semble-t-il, tenir compte du fait que cette variation est à la fois exceptionnelle et générale: on la rencontre rarement dans la nature; mais quand elle se réalise, tous les *Boryanum* se présentent *glanduliferum*.

D) POILS FLOTTEURS

Certains auteurs ont observé des poils chez *P. duplex*, *simplex* et *Boryanum*, principalement à l'extrémité des bras des cellules marginales: CHODAT (55, p. 228, fig. 52), MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, p. 26, T. I, fig. 5), LEMMERMANN (151, p. 312, fig. 6), PETERSEN (176, 177). Ce dernier a consacré deux mémoires aux poils flotteurs des *Scenedesmus* et des *Pediastrum*. Il admet, du moins en ce qui concerne le *P. Boryanum*, que les colonies adultes en sont normalement pourvues. Pour le *P. duplex*, CHODAT dit: « Du milieu d'une fossette apicale, située à l'extrémité des bras libres, partent des soies disposées en faisceau et souvent assez longues ». Il n'indique pas de quelle nature sont ces soies, si elles sont des excroissances de la

membrane, ou si elles sont de nature protoplasmique. PETERSEN admet cette dernière hypothèse pour le *P. simplex*, mais se demande si ce n'est pas un effet du dessèchement de la colonie et de l'action des réactifs; car il n'a jamais vu, dit-il, ni soie, ni flagellum sur les colonies vivantes. ZACHARIAS (291) a observé des poils flotteurs sur le *P. duplex*; il a découvert une station dans laquelle toutes les colonies en étaient pourvues: on en voyait non seulement à l'extrémité des bras des cellules marginales, mais encore sur le corps cellulaire et sur les cellules du disque. L'auteur croit que les poils flotteurs, en augmentant la surface cénobiale, permettent aux cénobes de se tenir tout près de la surface de l'eau, pour mieux utiliser les rayons lumineux. Les poils observés n'étaient pas un effet de dessèchement des préparations, car on pouvait en voir sur les cénobes vivants. Mais ZACHARIAS constate qu'il n'a jamais observé de poils flotteurs, chez *P. duplex*, que sur des colonies provenant de la station indiquée, ce qui explique, d'après lui, que ces ornements aient été signalés par si peu d'auteurs. Je n'en ai rencontré, pour ma part, chez aucune espèce de *Pediastrum*.

E) DENTS PECTIQUES SUR LES POINTES

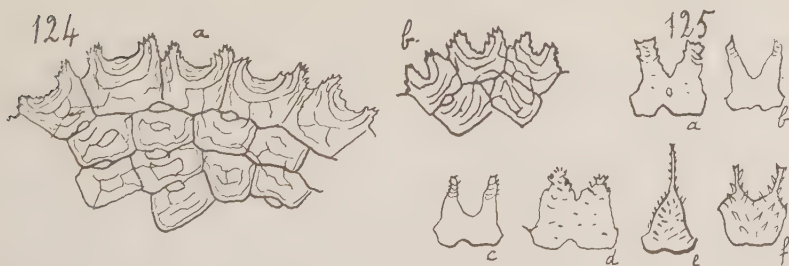


FIG. 124. — *P. angulosum* $\times 500$. Dents pectiques. a) Cénobe âgé, Serrant; b) *P. polydens*, d'après Morosowa-Wodianitzkaja.

FIG. 125. — $\times 500$. Dents pectiques chez diverses espèces de *Pediastrum*. — (a, b, c, d), *P. duplex*; (e) *P. simplex*; (f) *P. Boryanum*.

MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, p. 27, pl. 2, fig. 19-20; 158, p. 7, fig. 5, 6, 7) a décrit, sous le nom de *P. polydens* nov. spec., des colonies à petits méats, à cellules du disque légèrement incurvées au milieu de leurs quatre faces, comme chez *P. duplex* ou chez *P. angulosum*, et à cellules du pourtour munies de deux bras plus ou moins longs, coniques, recouverts de dents pointues, rapprochées et formant un buisson.

On rencontre assez souvent des anomalies semblables chez *P. duplex*, *simplex*, *Boryanum* et surtout *angulosum*. La figure 124 représente une colonie vide de *P. angulosum* provenant de Serrant: elle correspond tout à fait aux figures 5 et 7 ou à la figure 20 de MOROSOWA-WODJANTZKAA, reproduite ici (fig. 124 b). L'irrégularité, la grosseur, la hauteur des buissons pectiques sont des variations sans importance: à mon avis, les colonies dessinées par cet auteur appartiennent à *P. angulosum*. Quant à la figure 6 du même auteur, je la rattache à *P. duplex*: c'est un cénobe lisse, dont les cellules marginales sont voisines des cellules *a*, *b*, *c* de ma figure 125, prises à des colonies provenant du Cher. Mais c'est la cellule *d* qui se rapproche le plus de l'organisme de MOR.-WOD.: elle provient d'une colonie des étangs du Malaguet, au Nord d'Angers. La cellule *e* est une cellule de *simplex*, commune à l'étang de Serrant. La cellule *f* est une cellule d'un *P. Boryanum*, trouvé dans une culture d'une récolte de l'étang du Jardin botanique de Tours. Il paraît difficile d'attribuer une valeur spécifique à des caractères aussi variables et aussi fugaces.

Il en est de même des deux dents que l'on trouve quelquefois à l'extrémité du bras des *duplex*, ou de la pointe des *Boryanum*; quelques auteurs cependant s'appuient sur leur présence pour créer une variété ou admettre une espèce: *P. bidentulum* Braun.

Je considère toutes ces excroissances pectiques comme des caractères de vieillesse.

F) COULEUR DES CELLULES

Certains auteurs en ont tenu compte, en particulier RACIBORSKI (187, p. 28, fig. 31), qui a créé une variété *lividum* du *P. duplex*, pour désigner une forme à petits méats et à grosses cellules d'un jaune verdâtre. Son dessin fait penser à des cellules enkystées; chez toutes les espèces, on peut observer que les kystes sont beaucoup moins verts que les cellules végétatives, le contenu cellulaire devenant peu à peu jaune verdâtre et granuleux. Les colonies de *P. simplex*, que M. DES CILLEULS avait rapportées des vases des bords de la Loire, en les attribuant à *P. Sturmii*, possèdent ce caractère à un haut degré; certaines cellules, de très grandes dimensions, sont presque jaunes.

CONCLUSION GENERALE DE LA PREMIERE PARTIE

Un grand nombre de termes employés par les systématiciens, pour désigner des espèces, variétés, ou formes, ne doivent plus être employés par des biologistes que pour désigner des formes stationnelles, des stades de développement, ou des particularités individuelles dans la morphologie du cénobe, dues au nombre et à la disposition des cellules.

Termes relatifs :

1° à la grandeur des lacunes: *clathratum*, *reticulatum*, *gracillimum*, *microporum*, *compactum*;

2° à la forme de la cellule marginale et à l'échancrure entre les pointes: *integrum*, *muticum*, *subintegrum*, *impeditum*, *scutum*, *Sturmi*, *ovatum*;

3° à la longueur des pointes : *longicorne*, *brevicorne*, *inermis*, *brachylobum*, *subuliferum*, *productum*, *emarginatum*, *longecornutum*;

4° à l'écartement ou au rapprochement des pointes: *recurvatum*, *gracile*, *divergens*, *coherens*, *convergens*, *rectangulare*, *forcipatum* ;

5° au groupement des cellules dans la colonie et à leur nombre: *radians*, *annulatum*, *duodenarium*, *Tetras* (en tant que variété), *Ehrenbergii*, *f. simplex*, *f. evoluta*, *depauperata*;

6° aux ornements et à la couleur de la membrane: *granulatum*, *subgranulatum*, *rugosum*, *rugulosum*, *punctatum*, *echinulatum*, *asperum*, *coronatum*, *pulchrum*, *arancosum*, *laevigatum*, *gyrosum*, *Haynaldii*, *lividum*, *sculptatum*;

7° à l'ondulation des membranes: *undulatum*;

8° au renflement de l'extrémité des pointes et aux dents; *glanduliferum*, *capituligerum*, *globuliferum*, *polydens*, *bidentulum*.

Cette suppression apparaîtra peut-être à plusieurs comme une exécution massive, radicale et simpliste. Ceux qui auront bien voulu me suivre, dans l'exposition des faits qui précèdent, reconnaîtront que je n'y ai pas été amené par une pure tendance à simplifier et

à faciliter le travail aux débutants. J'avais commencé par croire moi-même à la multiplicité des espèces et des variétés; mais, à mesure que j'amassais les observations sur le vif, dans les cultures et dans les milieux naturels, la nature individuelle de toutes ces variations s'imposait de plus en plus à mon esprit. L'âge et le mode de vie, pélagique ou benthique, sont les principaux facteurs de variations. Je vis alors cet amoncellement impressionnant de noms d'espèces et de variétés s'écrouler peu à peu, pour se réduire aux huit noms que je conserve pour les *Pediastrum* d'Europe.

Je ne crois pas ainsi, d'ailleurs, enlever grand chose à la gloire de tant d'excellents algologues descriptifs. Ils ont appuyé leurs déterminations sur une fine analyse des formes qui s'offraient à leurs yeux; on ne peut leur reprocher de n'avoir pas suivi, pendant des années, dans leur évolution et leurs diverses stations, chacune des centaines d'espèces qu'ils avaient à décrire et à nommer.

DEUXIÈME PARTIE

SYSTÉMATIQUE DES *PEDIASTRUM*

Les faits exposés dans la première partie de ce travail m'amènent à proposer une systématique très simplifiée du genre *Pediastrum*.

Je ne reconnais que 8 espèces européennes (1) bien distinctes :

P. simplex Meyen

P. Kawraiskyi Schmidle

P. duplex Meyen

P. biradiatum Meyen

P. Boryanum (Turpin) Meneghini

P. angulosum (Ehrenberg) Meneghini

P. Tetras (Ehrenberg) Ralfs

P. Braunii Wartmann

Quand on a eu l'occasion de rencontrer des populations assez denses de *Pediastrum* et d'observer côte à côte plusieurs espèces du

(1) WOŁOSZYŃSKA (282, p. 194), a décrit et figuré 3 espèces nouvelles, provenant de l'Afrique centrale : *P. soraströides*, *P. cœlastroïdes*, *P. Westi*; les deux premières ne peuvent guère se rapprocher des espèces européennes; la troisième rappelle un *Boryanum* cœlastroïde.

WILLE (279, p. 433) a aussi trouvé, dans des récoltes provenant des îles Kerguelen, des formes aberrantes, dont il fait un genre nouveau, *Soropedias-trum*, caractérisé par des cellules en couches superposées et munies d'une pointe : *S. Kerguelense*, à cellules rectangulaires et longues pointes; *S. rotundatum*, à cellules arrondies et courtes pointes. Ces organismes présentent de grandes ressemblances avec les formes cœlastroïdes de *Pediastrum*.

J'ai signalé (p. 83) le *P. sculptatum* de SMITH (237 bis), que je rapporte à *P. duplex*.

genre, on ne peut pas méconnaître la séparation de ces huit espèces. Si l'on veut, toutefois, établir des comparaisons fructueuses et se faire une idée exacte de la limite de l'espèce, il est presque indispensable de s'adresser au type normal de *Pediastrum* : le cénobe planctonique adulte, ni trop jeune, ni trop vieux.

Les relations réciproques de ces huit espèces ressortent du tableau suivant, dans lequel interviennent, avant tout, le nombre et la forme des pointes, ou prolongements, de la cellule marginale.

- | | |
|--|----------------------|
| I. — Cellule marginale à 1 pointe..... | <i>P. simplex</i> |
| II. — Cellule marginale à 2 pointes | |
| 1) Pointes dans divers plans..... | <i>P. Kawraiskyi</i> |
| 2) Pointes dans le plan du cénobe | |
| A) Disque clathré | |
| a) Pointes simples..... | <i>P. duplex</i> |
| b) Pointes bifurquées..... | <i>P. biradiatum</i> |
| B) Disque plein | |
| a) Pointes à bords symétriques, équidistantes (fig. 126 a)..... | <i>P. Boryanum</i> |
| b) Pointes à bords asymétriques: bord externe plus court | |
| α) Pointes plus distantes sur la même cellule que d'une cellule à l'autre: échancrure large (fig. 126 b) | <i>P. angulosum</i> |
| β) Pointes moins distantes sur la même cellule que d'une cellule à l'autre: échancrure étroite (fig. 126 c) | <i>P. Tetras</i> |
| III. — Cellule marginale à 4 pointes courtes..... | <i>P. Braunii</i> |

Si, au lieu de tenir compte des pointes, on considérerait d'abord l'allure générale et, en particulier, l'extension de la surface de contact des cellules marginales, on obtiendrait un groupement assez

semblable, dans lequel les espèces seraient rapprochées deux à deux (fig. 126 bis):

<i>duplex</i>	et	<i>biradiatum</i> , a, b,
<i>simplex</i>	et	<i>Kawraiskyi</i> , c, d,
<i>Boryanum</i>	et	<i>angulosum</i> , e, f,
<i>Tetras</i>	et	<i>Braunii</i> , g, h.

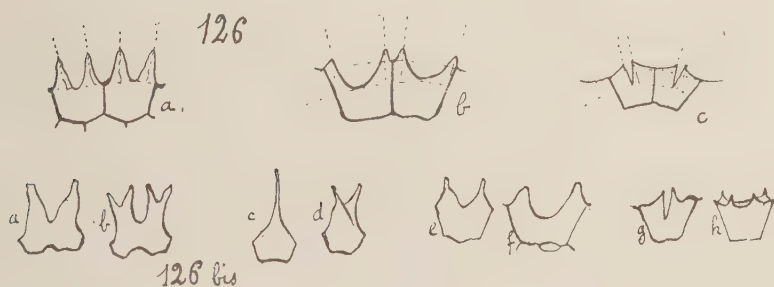


FIG. 126. — Espacement des pointes de la cellule marginale chez *P. Boryanum* (a), *angulosum* (b), *Tetras* (c). Schématique.

FIG. 126 bis. — Cellules marginales des espèces européennes de *Pediatrum*.

Cette systématique abandonne donc une bonne moitié des espèces qu'on peut rencontrer même chez les Algologues modernes. Elle abandonne tout l'ensemble des variétés admises dans les flores et les contributions floristiques.

Dans les pages qui suivent, je me propose de passer rapidement en revue chacune de ces huit espèces indiscutables. A la définition de l'espèce j'ajouterai, à l'occasion, divers renseignements et observations personnelles, intéressant l'histoire et la délimitation des espèces moins connues ou discutées. Je grouperai, autour de chaque espèce admises ici, les noms d'espèces et de variétés, sacrifiées comme telles dans la première partie, en rappelant, pour chacune de ces formes, la signification biologique que je leur reconnais.

Je ne prétends pas, encore une fois, être à même de fournir, pour chaque prétendue espèce ou variété supprimée, l'explication biologique précise et adéquate, c'est-à-dire de donner la cause, interne ou externe, responsable de la variation individuelle. Mais il suffit que cette explication existe pour les formes les plus répandues, les plus caractéristiques et les plus généralement adoptées: c'est le but essentiel de mon travail.

P. simplex Meyen

Je comprends, sous ce nom, tous les *Pediastrum* dont les cellules marginales ont une seule pointe.

J'ai observé les réalisations suivantes, dans le *nombre et la disposition des cellules des cénobes* :

Cénobes à 4 cellules :	4 + 0 (avec ou sans lacunes.....	R.
Cénobes à 8 cellules :	7 + 1 (avec ou sans lacunes)	C. C.
	8 + 0 (forme <i>radians</i>)	A. C.

Cénobes à 16 cellules :

clathrés :	16 + 0	non observé.
	15 + 1	1 exemplaire
	14 + 2	3 —
	13 + 3	2 —
	12 + 4	C. C.
	11 + 5	C.
non clathrés	11 + 5	C.

Cénobes à 32 cellules :

clathrés	18 + 10 + 4	R.
	17 + 11 + 4	R.
	16 + 12 + 4	C.
	16 + 11 + 5	C.
non clathrés	16 + 11 + 5	C.

P. simplex est le seul *Pediastrum* qui présente, pour les cénobes à 8 cellules, la disposition *radians*: 8 + 0. Cette disposition n'est pas héréditaire : la figure 26 (p. 25) montre une colonie *radians* (8 + 0) provenant d'une colonie *non radians* (7 + 1).

Espèces supprimées

P. clathratum (Schrœt.) Lemmermann (133, p. 180): c'est la forme planctonique la plus commune, donc la forme type.

P. enoplon West W. et G. S. (262, p. 81, T. V., fig. 1, 2); synonyme de *P. clathratum*, d'après LEMMERMANN (135, p. 115): forme juvénile, largement clathrée.

P. ovatum (Ehr.) Braun. (45, p. 81): forme de vieillesse ou forme benthique de *P. clathratum*.

P. Schröteri Lemmermann (135, p. 115, fig. 33): synonyme de *P. ovatum*.

P. Sturmii Reinsch (190, p. 90, T. VII, fig. 1): forme sénile ou kystes de *P. simplex*.

Variétés supprimées

Variétés fondées sur la disposition des cellules :

radians Lemmermann (133, p. 180; 135, p. 115, fig. 24, 25, 32); *duodenarium* (Bailey) Rabenhorst (186, p. 72) = var. *Baileyanum* Lemmermann (135, p. 115); *Cordanum* Hansgirg (101, p. 110).

Variétés fondées sur les ornements de la membrane :

punctatum Lemmermann (135, p. 182); *granulatum* Lemmermann (135, p. 115); *asperum* Lemmermann (135, p. 179); *echinulatum* Wittrock et Nordstedt (295, n° 235).

Variété fondée sur la dimension des lacunes :

microporum Lemmermann (135, p. 115, 116).

P. Kawraiskyi Schmidle

L'espèce est caractérisée par son disque plein et par la forme de la cellule marginale, dont les deux pointes divergent dans tous les plans, de part et d'autre du plan du cénobe.

C'est la plus rare des espèces du genre: j'ai signalé (19) sa découverte en France par M. BIRET et l'un de ses élèves, M. GERMAIN, dans l'étang de Serrant, en 1929. Depuis 1929, aucune nouvelle station de la plante n'a été trouvée dans nos régions. Abondant pendant l'été de 1929, dans l'étang de Serrant, *P. Kawraiskyi* a été très rare pendant toute l'année 1930; en avril 1931, il s'est de nouveau montré très commun.

Dans la récolte du 27 avril 1931, on pouvait voir beaucoup de jeunes colonies d'un diamètre variant de 20 à 60 μ , dont certaines étaient encore contenues dans une vésicule (fig. 165, p. 00). Parmi ces jeunes colonies, quelquefois en rapport avec elles, on trouvait aussi des cénobes plus gros de 80 à 90 μ , avec cellules à membranes épaisses, rougeâtres, quelquefois plissées, avec cellules vides, dont quelques unes avec une fente. Ces colonies m'ont paru jouer le rôle de colonies mères; certaines cellules très grosses, à parois renflées, avaient l'aspect de kystes.

J'ai donné (19) la description suivante de cette Algue :

Les cénobes sont d'ordinaires réguliers et orbiculaires, quelquefois cependant irréguliers par suite d'une interruption dans la rangée des cellules marginales. Le disque est toujours simple et sans perforation; ses cellules sont polygonales. Les cellules marginales sont quelquefois superposées au point où le cercle est interrompu. Elles sont soudées les unes aux autres environ jusqu'au tiers de leur hauteur à partir de la base (pointes non comprises); elles sont terminées par deux lobes verts, courts, coniques, prolongés par deux pointes hyalines, dont la hauteur est égale environ au tiers de la hauteur de la cellule (pointes non comprises); les lobes sont légèrement divergents et séparés par une échancrure profonde et aiguë; au niveau du sommet de cette échancrure, ou un peu au-dessous, la cellule présente un étranglement plus ou moins apparent, mais plus visible sur les petites cellules que sur les grosses. La position des pointes des cellules marginales est variable: tantôt on voit les deux pointes, côte à côte, dans le plan du cénobe; tantôt on n'en voit qu'une, cachant l'autre qui est au-dessous; elles peuvent occuper toutes les positions intermédiaires, de telle sorte qu'on distingue le plus souvent les deux pointes, l'une au-dessous, l'autre au-dessus du plan du cénobe. La membrane est épaisse, rougeâtre, rugueuse plus ou moins plissée, rarement granuleuse; elle est très caractéristique de l'espèce.

J'ai noté les dispositions suivantes :-

4 = 4 + 0 ou (2 + 2)	R. R. R.
8 = 6 + 2	R.
16 = 10 + 5 + 1	C. C.
32 = 15 + 11 + 5 + 1	C. C.
= 15 + 10 + 6 + 1	C. C.
= 16 + 10 + 5 + 1	C. C.
= 14 + 11 + 6 + 1	

Je n'ai pas trouvé de cénobes à 64 cellules.

Voici les dimensions moyennes des cénobes et des cellules chez les cénobes 16-cellulaires :

diamètre du cénobe	75-80 μ
hauteur de la cellule marginale.....	15-20 μ
longueur de la pointe.....	3-5 μ

Les cénobes à 32 cellules atteignent quelquefois 100 μ (pointes comprises); les cénobes à 8 cellules ont 40 à 50 μ de diamètre. J'ai mesuré une jeune colonie à 16 cellules de 28 μ .

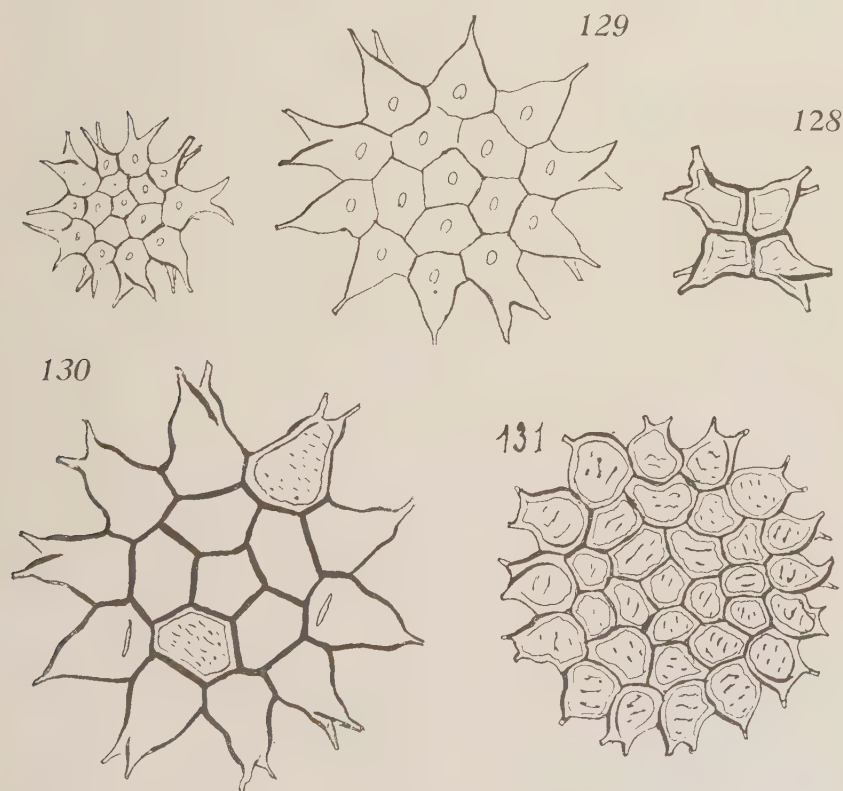


FIG. 127-131. — *P. Kawraiskyi* $\times 750$. Serrant. — 127, jeune cénobe 16-cellulaire; — 128, cénobe adulte 4-cellulaire; — 129, cénobe adulte 16-cellulaire; — 130, cénobe âgé 16-cellulaire; — 131, cénobe âgé 32-cellulaire.

C'est la cellule marginale qui est caractéristique de l'espèce (fig. 130). Elle comprend trois parties: la base, par laquelle elle est soudée aux cellules voisines; le corps libre, deux fois plus haut que la base, ayant la forme générale d'un tronc de cône à parois concaves, rectilignes, ou plus ou moins convexes et renflées suivant l'âge; enfin, le sommet, profondément émarginé en son milieu et portant deux lobes verts, terminés par deux pointes hyalines. Par ses deux premières parties, la cellule marginale du *P. Kawraiskyi* se rappro-

che de celle du *P. simplex*; par son sommet, elle ressemble à celle du *P. Boryanum*; mais elle diffère absolument de la cellule du *P. Braunii* Wartm. qui a une forme trapézoïdale, comme celle de *P. Tetras*, et qui est soudée aux cellules voisines jusqu'au sommet. SCHMIDLE rapprochait sans doute son *P. Kawraiskyi* du *P. Braunii*, parce que dans ces deux espèces les pointes hyalines ne sont pas toujours contenues dans le plan du cénobe; mais, si ce caractère est constant chez *P. Braunii*, chez *P. Kawraiskyi* la position des pointes est très variable et il arrive souvent que les deux pointes de la cellule du pourtour sont côte à côte dans le plan du cénobe, comme chez *P. Boryanum*.

P. Kawraiskyi doit donc se placer entre *P. simplex* et *P. Boryanum*: la cellule marginale se rapproche, par sa forme, de celle de *P. simplex*; mais au lieu d'être, comme celle dernière, prolongée en pointe unique et longue, elle est tronquée, émarginée, et terminée par deux lobes verts surmontés d'une corne hyaline, comme chez *P. Boryanum*.

La forme du *P. Kawraiskyi* trouvé dans l'étang de Serrant paraît être la forme type, les pointes hyalines étant plus longues que chez la variété *brevicornis* Lemm. et plus courtes que chez la variété *cornutum* Mor. Wod. Cependant la jeune colonie 16-cellulaire observée présente des pointes entièrement vertes, d'une longueur égale à la moitié de la hauteur totale de la cellule; les parois ne sont pas renflées, la membrane est mince et, la taille mise à part, l'aspect général est celui de la variété *cornutum* (fig. 127). La présence du protoplasme dans les pointes, que cet auteur indique comme caractère de sa variété *cornutum*, peut se constater sur les jeunes colonies de *P. Kawraiskyi*, comme sur celles de *P. Boryanum*.

Dans la récolte du 27 avril 1931, les vieux cénobes mentionnés plus haut présentaient quelquefois des cellules de forme un peu aberrante: cellules très grosses, parois renflées, membranes très épaisses, rugueuses, rougeâtres, et surtout cornes courtes, cylindriques, hyalines, se détachent brusquement du corps de la cellule; certaines cellules ont l'allure de kystes et la figure 131 représente assez bien la variété *brevicornis* Lemm. (MOROSOWA-WODIANITZKAJA 157, Tab. II, fig. 9, 10). La longueur de la pointe varie peu chez les colonies de l'étang de Serrant (moyenne 3 à 4 μ), mais elle atteint vite sa longueur maxima et ne change plus, chez les colonies adultes, quand la cellule grossit et se renfle.

D'après ce qui précède, je considère donc le type de *P. Kawraiskyi* comme réalisé par les colonies adultes vivant dans le plancton. Comme, à ma connaissance, il n'a pas été décrit d'autres variétés que celles de MOROSOWA-WODIANITZKAJA et de LEMMERMAN, je considère *P. Kawraiskyi* var. *cornutum* Mor. Wod., comme une forme de jeunesse ou d'eaux agitées; la var. *brevicorne* Lemm., comme une forme de vieillesse ou de benthos.

Il existe, dans la littérature algologique, un certain nombre de faux *P. Kawraiskyi*. LAGERHEIM, en 1900, (à cette date on n'avait encore aucun dessin de l'espèce de SCHMIDLE), rapportait au *P. Kawraiskyi* des colonies de *P. Boryanum*, de la forme *integrum* (131, p. 9, fig. 2-3). BERGE, en 1901, (31) commettait une erreur analogue (1); en 1911 (35), il confondait encore *P. Braunii* et *P. Kawraiskyi*; mais, en 1921 (37), les colonies rapportées par lui à *P. Kawraiskyi* Schm. appartiennent bien à l'espèce de SCHMIDLE. Dans une lettre du 20 octobre 1930, BERGE reconnaît son erreur de 1901 et ajoute qu'il aurait dû la signaler en 1921 (37): « *P. Braunii* et *P. Kawraiskyi* sont deux espèces bien distinctes; ma figure de *P. Kawraiskyi* de 1901 (Sud-Patagonien) et la figure de LAGERHEIM de 1900 (Beeren-Island) sont différentes des figures de LEMMERMAN, LUCKS, NITARDY, SMITH, SCHUTOFF, SKVORTZOW, qui appartiennent au *P. Kawraiskyi* Schm.; dans ces dernières, les cellules sont plus ou moins oviformes, tandis qu'elles étaient plus ou moins polygonales dans les figures de BERGE et LAGERHEIM ».

P. duplex Meyen

A ce nom correspondent tous les *Pediastrum* à disque clathré, dont les cellules marginales possèdent 2 pointes simples, non bifurquées.

L'espèce de MEYEN n'a pas été dédoublée par les auteurs plus récents (2); mais de nombreuses variétés ont été établies, qui correspondent, nous l'avons vu, à des états individuels: juvénile ou sénile, planctonique ou benthique.

(1) Le *P. Kawraiskyi* signalé par BERGE à la Terre de Feu, en 1906 (*Süswasserchlorophyceen von Feuerland und Isla Desolacion*. Kjellmann Bot. Stud., Bd. 21), n'a sans doute pas plus de valeur que celui de 1901, puisque l'auteur n'écrit pas encore le véritable *P. Kawraiskyi* en 1911.

(2) J'ai cependant signalé plus haut (p. 83) que le *P. sculptatum* Smith (235 bis, p. 475, pl. 25, f. 13) me semblait représenter un *P. duplex* âgé, à membranes plissées à l'extrême.

Variétés supprimées

Var. *genuinum* Braun (45, p. 95): c'est la forme planctonique type.

Variétés fondées sur la grandeur des lacunes et sur la forme déliée ou massive, des pointes: *microporum* Braun (45, p. 92); *clathratum* Braun (45, p. 93); *reticulatum* Lagerheim (126, p. 56); *gracillimum* West W. et G. S. (261, p. 52).

Variétés fondées sur la longueur, la grosseur, la forme, la direction des pointes: *subintegrum* Raciborski (187, p. 26); *brachylobum* Braun (45, p. 93); *cornutum* Raciborski (187, p. 28); *recurvatum* Braun (l. c.); *gracile* Roll (195, p. 165). Ces deux dernières formes doivent leur caractère au petit nombre de cellules du cénobe.

Variétés fondées sur les ornements et la couleur des membranes: *subgranulatum* Raciborski (187, p. 23); *coronatum* Racib. (ibid., p. 24); *pulchrum* Lemmermann (134, p. 151); *asperum* Braun (45, p. 93); *rugulosum* Racib. (187, p. 24); *lividum* Racib. (ibid., p. 28).

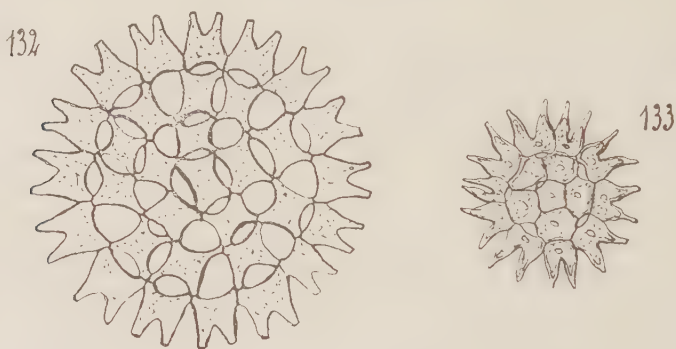


FIG. 132, 133. — *P. duplex* $\times 500$. Formes rares. — 132, Loire; — 133, Étang des Bruyères, (Seiches) parmi les *Chara*.

On trouvera, dans la première partie de mon mémoire, de nombreuses figures, correspondant aux différentes formes que l'espèce présente communément. J'ajoute ici les dessins de deux formes rares: la figure 132 représente un cénobe provenant de la Loire; le cénobe de la figure 133 a été récolté sur des *Chara*: il est remarquable par le contraste entre les cellules marginales à pointes étirées et les cellules du disque à peine échancrées.

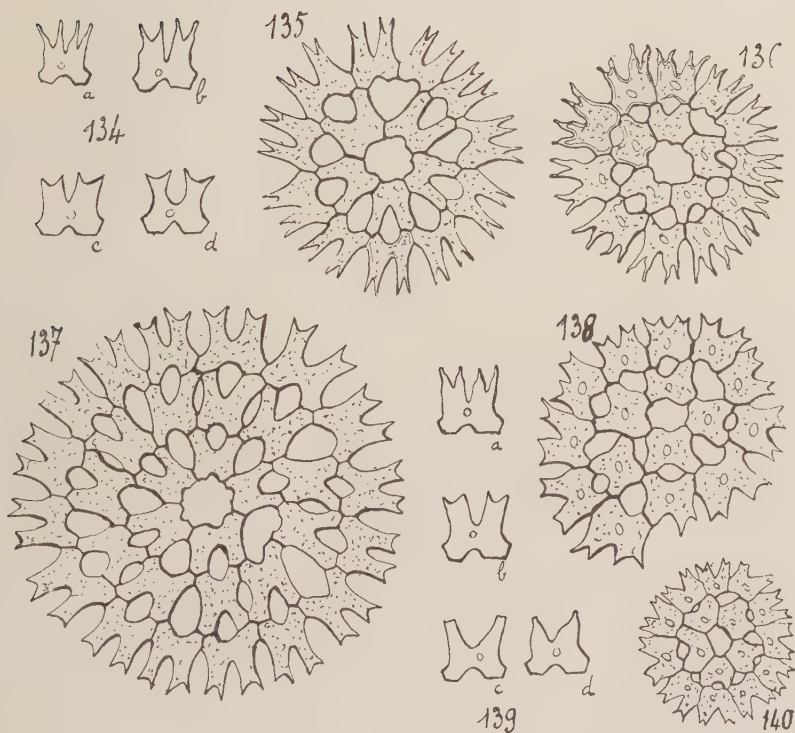
P. biradiatum Meyen

FIG. 134-140. — *P. biradiatum* $\times 500$. — 134 : diverses formes : a) *longecornutum*, b), type, c) *emarginatum*, d) *caudatum*. — 135, Jard. bot. de Tours; — 136, Serrant; — 137, 138 : Cher; — 139 : comparaison entre *biradiatum* (a, b) et *duplex* (c, d); — 140, forme de culture (Serrant).

L'aspect des cénobes de *P. biradiatum* rappelle beaucoup celui des colonies de *P. duplex*. La forme des cellules, leur taille, la couleur, la grandeur des méats, les dimensions des colonies sont semblables chez les deux espèces; on les distingue l'une de l'autre par les caractères suivants :

a — disposition des cellules :

<i>P. biradiatum</i>	<i>P. duplex</i>
4 = 4 + 0	4 = 4 + 0
8 = 7 + 1	8 = 6 + 2
16 = 11 + 5 + 0	16 = 10 + 5 + 1
12 + 4 + 0 (rare ¹⁾)	9 + 6 + 1
32 = 16 + 11 + 5 + 0	32 = 15 + 10 + 6 + 1
	15 + 11 + 5 + 1
	14 + 11 + 6 + 1
	16 + 10 + 5 + 1
64 néant	64 variable

On voit que les colonies 16 et 32-cellulaires ont, au centre, une *lacune* chez *P. biradiatum*, une *cellule* chez *P. duplex*.

b — terminaison des bras des cellules :

Le méplat hyalin, qui termine, en les tronquant, les bras des *duplex*, est remplacé, chez *P. biradiatum*, par deux pointes hyalines, coniques, divergentes, de longueur variant de 2 à 5 μ ; les pointes sont séparées par un sillon aigu, dont le sommet s'arrête à la partie verte de la cellule.

c — les cellules du disque ont 4 bras comme chez *P. duplex*; mais les bras extérieurs sont beaucoup plus longs que les bras intérieurs, qui sont quelquefois à peine saillants du corps de la cellule.

Espèce supprimée

P. tetrapodum Morosowa-Wodianitzkaja (157, p. 29). Je rattache à *P. biradiatum* cette nouvelle espèce, fondée sur la position des pointes, l'une au-dessus, l'autre au-dessous du plan du cénobe. Quand on observe un *biradiatum* de profil, on constate que les pointes ne sont jamais rigoureusement contenues dans le plan du cénobe, mais le plus souvent alternent régulièrement de part et d'autre de ce plan; quand ce caractère s'accroît, on a le *P. tetrapodum* (fig. 111, p. 77). La variété *tricornutum* Mor. Wod. de cette même espèce est une forme benthique de *P. biradiatum* et n'a aucun rapport avec le *P. tricornutum* Borge (*P. Braunii* Wartmann).

Variétés supprimées

Variétés fondées sur la longueur des pointes : *emarginatum* Braun (45, p. 102): fig. 131 *c*, 138, 140; *longecornutum* Gutwinski (98, p. 3, T. VII, f. 24): fig. 134 *a*, *b*, 135, 136.

Variétés fondées sur la forme et la grosseur des bras: *caudatum* Mor.-Wod. (157, p. 29, T. II, f. 24): fig. 134 et 137; *elegans* Roll.

Place du *P. biradiatum* Meyen dans la systématique des *Pediastrum*

P. biradiatum est une espèce voisine de *P. duplex*: elle en diffère essentiellement par la bifurcation des bras des cellules du pourtour (fig. 139).

J'ai signalé plus haut que la disposition des cellules, chez *P. biradiatum*, était différente de celle des cellules de *P. duplex*: les cénobes 16 et 32-cellulaires ont une lacune centrale, tandis que ceux de *P. duplex* ont une cellule au centre. Mais ce caractère, qui paraît bien constant chez les colonies habitant les masses d'eau de la région, ne paraît pas se retrouver partout, car beaucoup d'auteurs (ex. CHODAT, 55, p. 227-228) attribuent au *P. duplex* la disposition avec une lacune centrale, que j'ai vue seulement chez *P. biradiatum*.

P. biradiatum se rapproche aussi parfois de *P. Tetras* (fig. 152, p. 00). Il existe, en effet, une forme de *P. Tetras*, dont les cellules marginales sont doublement incisées et possèdent ainsi quatre pointes, comme chez *P. biradiatum*. NITARDY (162, p. 181, Tab. IV, fig. 6; VIII, fig. 14; X, fig. 13) décrit, sous le nom de *P. incisum* (Ehr.) Ralfs, var. *rota* n. var., des cénobes voisins de *P. biradiatum* var. *emarginatum* (Ehr.) Br. Le premier (T. IV, fig. 6) a la cellule du *P. Tetras*, trapezoïdale et soudée à ses voisines jusqu'au sommet; mais l'incision principale est profonde et très ouverte, et il y a une lacune centrale ($16 = 11 + 5$), comme chez *P. biradiatum*. Chez les autres (Tab. VIII, fig. 14; X, fig. 13), la cellule du pourtour, avec ses bras libres et faiblement émarginés, rappelle plutôt celle de *P. biradiatum* que celle de *P. Tetras*; quant aux cellules du disque, dans les trois dessins, elles portent une incision si largement ouverte qu'elles présentent deux bras comme celle de *P. biradiatum* et que le disque se trouve perforé et non compact comme chez *P. Tetras*. Ceci montre que la limite n'est pas toujours facile à assigner entre *P. biradiatum* et *P. Tetras*.

Mais, contre toute vraisemblance, LUCKS (153, fig. 7) attribue à *P. biradiatum* une colonie dont les cellules marginales, de forme trapézoïdale, sont soudées jusqu'au sommet et dont le disque est plein, formé de cellules largement incisées: c'est du *P. Tetras*.

Il en est de même pour Mlle WOŁOSZYŃSKA (285, p. 51-52, fig. 3), qui attribue à *P. biradiatum* des colonies 8-cellulaires ($7 + 1$) et 4-cellulaires ($4 + 0$), dont les cellules marginales, nettement trapé-

zoïdales, sont soudées entre elles jusqu'au sommet, ou presque. La colonie 4-cellulaire présente 4 pointes assez longues à chaque cellule. On voit souvent un petit méat entre 2 cellules du pourtour, sur la ligne de la suture; ce caractère se rencontre quelquefois chez *P. Tetras*. Les cellules du disque sont polygonales et ont une incision sur une face. Les cellules marginales portent, sur la face externe, une incision médiane avec 2 lèvres formant pointes et 2 échancrures latérales, comme dans les colonies de *P. Tetras* du groupe du *tetraodon*. Les cénobes sont massifs et non perforés comme chez *P. biradiatum*. Il est vrai que l'auteur donne sa détermination comme douteuse et se demande si les colonies appartiennent au *P. Tetras* ou à une espèce encore non signalée.



FIG. 141. — *P. biradiatum*. D'après Teiling (sub. *P. Tetras* ?).

FIG. 142. — Comparaison entre les cellules du pourtour et les cellules du disque chez *Tetras* (a), *biradiatum emarginatum* (b), *biradiatum* type (c).

* Au contraire, TEILING (245, p. 64, fig. 13) attribue à *P. Tetras* une forme curieuse, 8-cellulaire ($7 + 1$). Les cellules du pourtour, soudées seulement à la base, avec des bras profondément bifurqués, sont (fig. 141) nettement *biradiatum*. Le disque sans méats, formé d'une seule cellule, soudée aux 7 autres et incisée sur une face, est nettement *Tetras*; mais nous avons vu que la forme des cellules du disque est assez variable chez *P. biradiatum* et se rapproche souvent de celle des cellules de *P. Tetras*. Pour moi, le cénobe décrit est du *P. biradiatum*.

Il vaudrait mieux attribuer à *P. Tetras* les cénobes à disque compact sans méats, à cellules internes incisées sur une face et à cellules marginales *trapézoïdales*, soudées entre elles jusqu'au sommet, avec incision principale étroite et profonde (fig. 142). C'est l'avis de BORGE (38, p. 27) qui, au sujet d'une colonie dessinée par PRINTZ (182, p. 34, T. IV, fig. 203) et rapportée par lui à *P. biradiatum* var. *granulatum*, écrit: « Cette colonie appartient bien à *P. Tetras*; les cellules périphériques sont soudées jusqu'aux angles supérieurs, tandis que chez *P. biradiatum* elles ne sont soudées qu'à la base ».

P. Boryanum (Turpin) Meneghini

Parmi les *Pediastrum* à deux pointes et à disque plein, *P. Boryanum* se distingue par ses pointes à bords symétriques, sensiblement équidistantes.

Le type de l'espèce doit être pris sur les colonies adultes vivant dans le plancton. Celles-ci diffèrent fort peu d'une station à l'autre : les pointes y sont coniques, vertes et larges à la base, hyalines et minces au sommet. J'ai montré, dans la première partie, comment la vie benthique et la vieillesse modifient le type moyen, jusqu'à le rendre méconnaissable et à donner l'illusion d'espèces distinctes.

Nombre et disposition des cellules dans le cénobe.

8 cellules :	6 + 2.....	RR.
16 cellules :	10 + 5 + 1.....	C.
	9 + 6 + 1.....	R.
32 cellules :	14 + 11 + 6 + 1.....	R.
	15 + 10 + 6 + 1.....	C.
	15 + 11 + 5 + 1.....	C.
	16 + 10 + 5 + 1.....	AC.
64 et 128 cellules :	disposition variable : dans le premier cas,	
	19 à 23 cellules marginales ; dans le second, 27 à 30.	

Espèces réunies à « P. Boryanum »

P. Boryanum est certainement l'espèce du genre la plus polymorphe, sans doute parce qu'elle est aussi la plus ubiquiste. Plus que dans aucune autre, les formes extrêmes ont servi de base aux algologues pour la création d'espèces distinctes :

P. integrum Naegeli (160, p. 97, T. V, f. B 4) = *P. inerme* Bleisch (294, n° 1494), DE TONI (247, p. 573): forme benthique adulte; avec ses variétés: *tirolense* Hansgirg (102, p. 118), forme à longues pointes hyalines; *scutum* Raciborski (187, p. 7, T. II, f. 6), forme à cellule marginale convexe, sans pointes; *perforatum* Racib. (ibid., f. 5), forme à disque perforé; *priva* Printz (180, p. 173, T. X, f. 147), forme à bord marginal droit, sans pointes; *denticulatum* Lagerheim (127, p. 37, T. I, f. 29), Reinsch (190, p. 91, T. VII, f. 3), forme à petites pointes coniques: BRUNNTHALER (50, p. 92) assimile cette variété au *Braunianum*.

P. Braunianum Grunow (93, p. 494) = *P. integrum* Naeg. var. *Braunianum* Nordstedt (163, p. 8, T. I, f. 6); Raciborski (187, p. 6, T. II, f. 3); avec ses formes *brevicorne*, *longicorne* Racib. (ibid.); formes de passage entre *P. Boryanum* type et la forme *integrum*.

P. Pearsoni West G. S. (256, p. 79, f. 30-32) = *P. integrum* Naeg. var. *Pearsoni* Fritsch (87, p. 11, f. 3): forme benthique, plus ou moins enkystée, de *Boryanum*.

P. præcox Morosowa-Wodianitzkaja (157, p. 22, T. I, f. 1, 2; T. II, f. 1-3; 158, p. 5, f. 1, 2): forme eulastroïde.

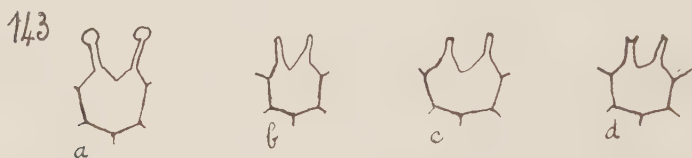


FIG. 143. — *P. Boryanum*. — Diverses formes de la pointe: capitée (*glanduliferum*) (a), arrondie (b), tronquée (c), excavée (d)

P. bidentulum Braun (45, p. 91) = *P. ellipticum* B Ralfs (188, p. 188, pl. 31, f. 10). Cette forme se distingue du *Boryanum* type par la présence de deux courtes dents hyalines au sommet de la pointe. On trouve, chez *P. Boryanum*, tous les passages entre la pointe capitée, la pointe tronquée et la pointe excavée (fig. 143): dans ce dernier cas, la pointe paraît plus ou moins bifurquée. RACIBORSKI (187, p. 34) donne cette espèce comme douteuse. Elle est signalée par FRÉMY (82, p. 246; 83, p. 177), mais comme rare. Il arrive parfois, chez *P. duplex*, que le méplat terminant le bras de la cellule marginale s'incurve et que le bord porte une ou deux pointes hyalines, qui peuvent être prolongées par des poils flotteurs: personne n'a songé cependant à détacher cette forme de *P. duplex*, pour en faire une espèce distincte.

P. Selenæa Kützing (124, p. 143) = *P. Boryanum* var. *Selenæa* Nitardy (162, p. 78, T. VIII, f. 1, 9; T. V, f. 6. — Synonymes (?) : *Micrasterias Selenæa* Kütz. (123, p. 604, f. 92); *P. elegans* Hassall (106, p. 389, pl. 86, f. 19; *P. lunare* Hassall (ibid., p. 392, pl. 92, f. 3); *P. Napoleonis* (Turp.) Ralfs, 1844. — Jusqu'à quel point ces diverses dénominations sont-elles synonymes ? Il est difficile de s'en rendre un compte exact: elles se rapportent à des cénobes à disque plein, caractérisés surtout par la forme *en croissant* des cellules marginales et parfois aussi des cellules du disque. Elles sont rejetées par les algologues modernes, sauf par BRUNNTHALER (50, p. 104), qui maintient encore *P. Selenæa* Kütz. (= *P. lunare* Hass., *P. elegans* Hass.) dans le « *Süßwasserflora* ». L'aspect des figures données par ces divers auteurs me donne à penser qu'il s'agit probablement de très jeunes cénobes de *P. Boryanum*, ou peut-être encore de *P. angulosum*.

P. glanduliferum Bennett (15, p. 7, f. 5-7) = *P. Boryanum* var. *capituligerum* (Lucks) Nitardy (LUCKS, 153, p. 42; NITARDY, 162, p. 179, T. VII, f. 9, et T. IX, f. 15) = *P. Boryanum* var. *longicorne* Reinsch f. *capitata glabra* et f. *capitata granulata* Fischer (81 bis, p. 18). Les caractères de cette curieuse forme ont été longuement discutés dans la première partie (p. 84 et suiv.) : les facteurs qui provoquent leur apparition restent encore obscurs pour moi; mais je crois avoir démontré que ces caractères ne sont pas héréditaires et qu'ils ne sont pas particuliers au *Boryanum*.

P. compactum Bennett (13, p. 5, f. 4, 5). L'auteur en donne la diagnose suivante: « *Cœnobium invested with a distinct gelatinous envelope...* ». Ce détail et les figures de BENNETT indiquent qu'il s'agit de jeunes cénobes de *P. Boryanum*, mieux peut-être encore de *P. angulosum*, cénobes à nombreuses cellules, à pointes courtes, fraîchement sortis de la cellule mère.

Variétés supprimées de « *P. Boryanum* »

Var. *genuinum* Kirchner (116, p. 95): c'est la forme planctonique type.

Variété établie d'après la présence de petits méats: *perforatum* Raciborski (187, p. 7).

Variétés fondées sur la longueur, la forme, la direction des pointes: *brevicorne* Braun (45, p. 86); *longicorne* Reinsch (190, p. 96); *integriforme* Hansgirg (101, p. 267); *subuliferum* (Ktz.) Rabenhorst

(186, p. 75); *productum* West W. (d'après BRUNNTHALER, 50, p. 102); *divergens* Lemmermann (138, p. 92, fig. 6); *forcipatum* (Corda, 63) Raciborski (187, p. 15).

Variétés fondées sur le nombre et la disposition des cellules: *cruciatum* Kützing (125, p. 192), cénobe de 4 cellules; *serangular*? (Corda, 62) Hansgirg (101, p. 110), cénobe de 16 cellules (9 + 6 + 1).

Variétés fondées sur les ornements de la membrane: *granulatum* (Ktz.) Braun (45, p. 90); *undulatum* Willd (273 bis, p. 28).

Variété fondée sur des cénobes déformés, en coupe: *campanulatum* Wille (279, p. 432, T. 30, f. 13 a, b).

Variété fondée sur des cénobes incomplets, tronqués: *depauperatum* Wille (ibid., f. 14 a-d).

La variété *rugulosum* West G. S. (254, p. 132, T. III, f. 22) me paraît identique aux formes *arancosum* de *P. angulosum*.

P. angulosum (Ehr.). Men.

Cette espèce est assez voisine de *P. Boryanum*, avec lequel elle a été quelquefois confondue. MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, p. 25, T. II, fig. 17-18) en fait une variété du *P. Boryanum*. NITARDY (162) ramène le *P. angulosum* au *P. Boryanum*; mais je ne crois pas qu'il ait observé le véritable *P. angulosum*, car je ne le vois pas dans ses dessins. Quand on a sous les yeux des récoltes où les deux espèces sont également abondantes, comme c'est le cas à l'étang de Serrant, la confusion n'est pas possible: depuis la formation du cénobe, jusqu'aux stades de vieillesse, les colonies de *P. angulosum* se distinguent sans peine des colonies de *P. Boryanum*.

Le caractère dominant de l'espèce, c'est l'échancrure externe de la cellule marginale, échancrure arrondie, dont les deux lèvres, de forme et d'épaisseur variables, plus ou moins saillantes, se trouvent rejetées sur les bords de la cellule, chacune près d'une des lèvres de la cellule voisine (fig. 144); ces lèvres ne constituent jamais une pointe conique, terminée par une partie hyaline, plus ou moins longue, et tronquée, comme chez *P. Boryanum*; l'échancrure est, sur les jeunes cénobes, large et profonde; sur les vieilles colonies, elle est large et peu profonde, rarement étroite et profonde (voir figure 166, p. 134).

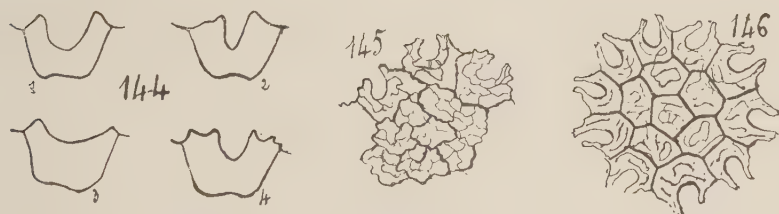


FIG. 144-146. — *P. angulosum* $\times 500$. — 144 : diverses formes de la cellule marginale ; — 145 : forme benthique (récolte de Deflandre) ; — 146 : forme douteuse (Cher).

Le bord externe de la lèvre, tronqué obliquement, peut être uni ou orné d'une ou plusieurs dents (fig. 124, p. 91). Dans les formes 1-2 (fig. 144), l'échancrure pénètre dans la cellule au-dessous du niveau de la suture avec les cellules voisines ; dans la forme 3, l'échancrure très ouverte occupe presque tout le bord libre. Les lèvres sont toujours entièrement vertes ; les ornements en plis anastomosés les recouvrent comme le reste de la cellule ; souvent, sur les vieilles colonies, elles portent à leur extrémité une petite concrétion hyaline courte et large. Le disque est très souvent percé de petits méats : ils proviennent de l'excavation de la cellule sur une face, le plus souvent la face extérieure ; la cellule est réniforme ou plus ou moins quadrangulaire et allongée suivant la tangente ; plus rarement le disque est plein et les cellules polygonales (fig. 50, p. 37).

Les ornements des membranes cellulaires consistent en des *plis* en relief, anastomosés en réseau ; sur les cellules du pourtour, ils partent de l'extrémité des lèvres de l'échancrure, gagnent le milieu de la cellule, où ils s'anastomosent, et de là se reliaient à ceux des cellules voisines. Ces plis sont de nature pectique ; ils n'existent pas chez les jeunes colonies. Ils me paraissent très caractéristiques de l'espèce, parce que je ne les ai jamais rencontrés sur le *P. Boryanum*, qui ne porte que des granulations. On ne les observe jamais sur les jeunes cénobes : pour une colonie de 64 cellules, il faut que la taille atteigne et même dépasse 100μ pour que les ornements soient bien apparents : ils s'épaississent ensuite et de nouvelles rides apparaissent à mesure que le cénobe grandit. Ces réseaux fixent fortement les colorants pectiques (rouge neutre, bleu de méthylène, hématoxyline ammoniacale). Sur les colonies des cultures, les réseaux tardent de plus en plus à apparaître et sont de moins en moins épais ; mais ils sont encore bien visibles sur les vieilles colonies.

J'ai représenté (fig. 147) les différentes formes des cellules du pourtour chez *P. Boryanum* et chez *P. angulosum*. On remarquera la convergence des formes des cellules marginales chez les deux espèces; la pointe hyaline tronquée, distincte de la cellule verte,

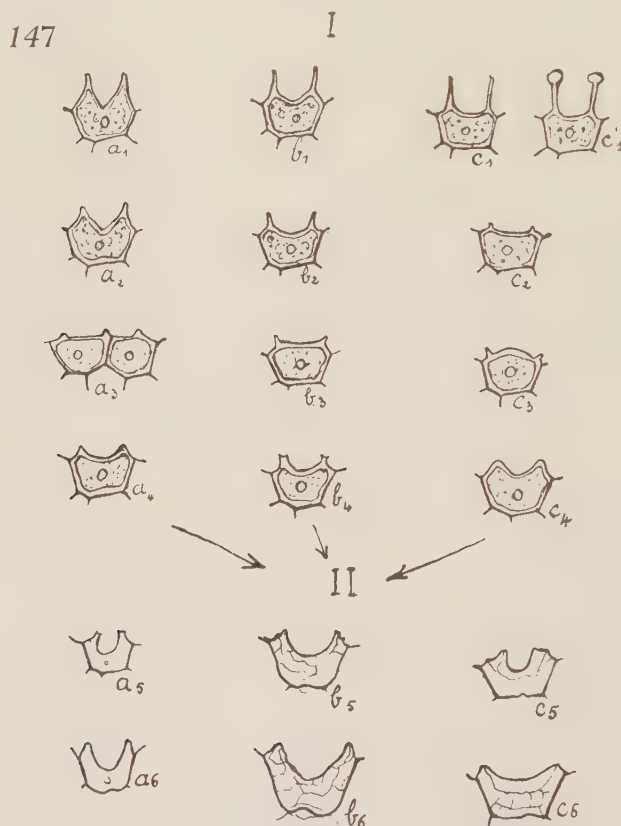


FIG. 147. — Diverses formes de *P. Boryanum* (I) et *P. angulosum* (II). Relations entre les deux espèces.

- 1) Evolution du *Boryanum* type (a_1) vers la forme *muticum longicorne* (c) et la forme *glanduliferum* (c'_1).
- 2) Evolution du *Boryanum* (a_2) vers la forme *muticum brevicorne* (c_2).
- 3) Formes *integrum*.
- 4) a_4 Forme *vagum* (= *rugosum* Racib.); b , forme *bidentulum*; c_4 , forme *loczigatum*.
- 5), 6) Diverses formes de *P. angulosum*.

est un caractère bien fidèle de la 1^{re} espèce, comme l'échancrure arrondie pour la 2^e; cependant il arrive qu'on ne peut distinguer de pointe hyaline chez *P. Boryanum* et que, chez *P. angulosum*,

l'échancrure est si peu marquée que les lèvres sont saillantes comme deux lobes au-dessus du bord presque droit; dans ce cas, les ornements cellulaires seuls, permettent de distinguer les deux espèces: les cénobes de *P. Boryanum* ont toujours des granulations, jamais de plis; ceux de *P. angulosum* ont des plis, jamais de granulations.

Les figures 145 et 146 représentent des formes aberrantes, remarquables, entre autres caractères, par l'échancrure profonde et relativement étroite de la cellule marginale.

Espèce supprimée

P. polydens Morosowa-Wodianitzkaja (157, T. II, f. 20; 158, f. 5, 6). L'apparition de dents sur les pointes s'observe quelquefois chez les vieux cénobes. La figure 6 de l'auteur se rapporte mieux, d'ailleurs, à un *P. duplex*.

Variétés supprimées

a) *araneosum* Raciborski (187, p. 18); *impeditum* Racib. (ibid., p. 20); *gyrosum* (ibid.); *Haynaldii* Racib. (ibid., p. 21): ces quatre variétés diffèrent peu de la forme type; elles portent des réseaux caractéristiques de l'espèce: je les considère comme des formes de vieillesse.

b) *laevigatum* Raciborski (187, p. 17); *rugosum* Racib. (ibid., p. 21): variétés fondées sur l'absence de plis (caractère de jeunesse), ou la présence d'ornements différents.

c) *truncatum* Gutwinski (96, p. 68, T. II, f. 3). Sous ce nom, l'auteur présente des cénobes 5-6-cellulaires, donc irréguliers par le nombre de leurs cellules; les cellules marginales ont une échancrure relativement profonde et aiguë, très différente de celle que j'ai l'habitude de voir chez les *angulosum* d'Anjou; chaque lèvre est limitée extérieurement par une ligne droite, qui porte, à ses deux extrémités, une dent plus ou moins longue, celle du milieu plus longue que l'autre, cylindrique, hyaline. Il est difficile d'attribuer cette forme à une espèce déterminée, avec quelque certitude. La soudure presque complète des cellules marginales fait penser à un *Tetras*, dont les lèvres seraient plus écartées que d'ordinaire.

P. Tetras (Ehrenberg) Ralfs

Les cénobes de cette espèce présentent quelques caractères bien constants :

la forme trapézoïdale des cellules du pourtour, soudées les unes aux autres sur toute leur longueur ;

l'échancrure, ou incision, étroite et profonde, qu'elles portent, ainsi que celles du disque ;

l'absence de plis simples ou anastomosés et de granulations sur la membrane cellulaire.

Nombre et disposition des cellules :

4 = 4 + 0	CCC
8 = 7 + 1	CCC
16 = 11 + 5	C
32 = 16 + 11 + 5.....	R
64 = inconnu.	

Les différentes formes du bord externe de la cellule du pourtour permettent de classer les colonies en deux groupes principaux :

1° Cellules du pourtour avec une seule incision plus ou moins profonde et aiguë: groupe de *P'excisum* (fig. 148).

2° Cellules du pourtour avec deux incisions ou échancrures supplémentaires, moins profondes que la principale: cellules à points biradiés: groupe du *tetraodon* (fig. 149).

Mais, comme le montrent les dessins de la figure 150, toutes les formes de passage se trouvent entre ces deux groupes et l'on peut diviser autrement les différentes formes :

1) pointes non saillantes : bord droit, ou concave, ou subdivisé par une incision supplémentaire peu profonde (fig. 150 a).

2) pointes saillantes : bord simple, ou concave, ou subdivisé par une incision supplémentaire aiguë, peu profonde (fig. 150 b).

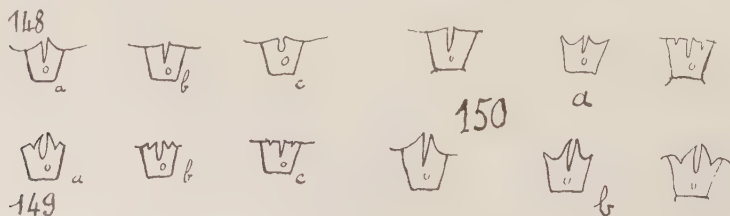


FIG. 148-150. — *P. Tetras* $\times 500$. Diverses formes de la cellule marginale. (Voir le texte).

Groupe de l'*excisum*

Les figures 151, 1 à 13, etc., représentent les formes les plus communes dans l'étang du Jardin botanique de Tours. On les trouve également partout. J'ai remarqué que les colonies fixées ont les pointes réduites (fig. 2, 3, 10), tandis que les formes des figures 1, 4, sont des formes planctoniques. Les figures 8, 12, 13 représentent les formes rares; certaines correspondent assez bien à quelques variétés des auteurs; par exemple la figure 8 à la forme *obtusata* Racib. (187), la fig. 12 à la variété *longicornis* (Racib.?) West G. S., les figures 9, 10 à la variété *anomalum* de Handa.

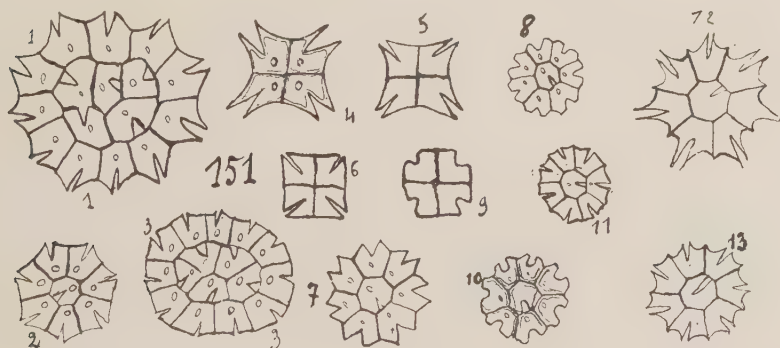


FIG. 151. — *P. Tetras* $\times$ 500. Groupes de l'*excisum*. (Voir le texte).

Groupe du *tetraodon*

Les figures 152; 14, 15, représentent des formes abondantes dans l'étang de Serrant. Les cénobes des figures 17, 18 ont été trouvés dans la Loire, en 1929, en automne, à la période des basses eaux. Les colonies des figures 21, 22, chez lesquelles la double pointe des cellules marginales est à peine marquée, constituent entre les deux groupes des formes de passage que l'on peut rencontrer partout.

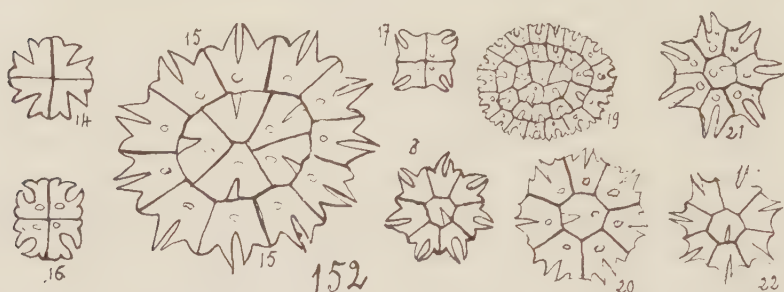


FIG. 152. — *P. Tetras* $\times 500$ (sauf 15, $\times 750$). Groupe du *tetraodon*. (Voir le texte).

Les cénobes des figures 153, *a*, *b* correspondent à peu près au *P. obtusum* de LUCKS (153, p. 43, fig. 5). J'ai trouvé cette forme le 2 mai 1929, dans des matériaux provenant du grattage de feuilles immergées dans l'étang du Jardin botanique de Tours. L'aspect général du cénobe est assez différent de celui de la colonie de la figure 151 1, que l'on trouve dans le plancton de l'étang, pour donner d'abord l'impression d'un organisme différent; mais, si l'on se reporte aux dessins des cénobes à pointes non saillantes, on trouve tous les passages entre *P. Tetras* type et *P. obtusum*.



FIG. 153, 154. — *P. Tetras* $\times 500$. — 153, formes benthiques, Jard. bot. de Tours; — 154, formes de cultures.

Les figures 154 *a*, *b*, représentent des colonies chez lesquelles on ne voit pas d'incision sur la cellule centrale et l'incision paraît manquer aussi sur certaines cellules du pourtour. Etant donné l'extrême rareté de ces cénobes et leur aspect général, qui est celui du *P. Tetras*, je considère ces formes comme étant dues à des variations individuelles.

Il est difficile de fournir une explication satisfaisante pour toutes ces variations, plus ou moins marquées et reliées entre elles par toutes les transitions. *P. Tetras* est le moins planctonique de tous les *Pediastrum*: on saisit moins facilement les modifications qu'il subit dans le passage de la vie benthique à la vie pélagique.

De plus, les stades de vieillesse n'y sont pas indiqués par des caractères, tels que des granulations, comme on en trouve chez d'autres; ce qui permettrait peut-être de saisir l'influence de l'âge sur d'autres détails de la morphologie.

Pour une espèce si commune et si polymorphe, d'ailleurs, il est remarquable que *P. Tetras* ait été si peu découpé par les algologues modernes et ait donné naissance à un si petit nombre de variétés.

Espèces supprimées

P. obtusum Lucks (153, p. 43, fig. 5): espèce fondée sur la longueur des pointes et la présence de deux incisions supplémentaires sur la cellule marginale.

P. incavatum Turner (251, p. 160, T. XXI, fig. 21): le dessin de l'auteur rappelle un *P. Tetras*, mais je n'ai jamais observé de colonies semblables; la variété *irregularum* de HANDA (100, p. 261) est établie sur une disposition peu commune: 6 cellules au pourtour, au lieu de 7.

Variétés supprimées

1) *tetracdron* (Corda, 63) Rabenhorst (186, p. 78); *excisum* Rabh. (ibid.); *longicornis* Raciborski (?), WEST (254, p. 132, T. V, f. 5): cette variété n'existe pas dans le mémoire de RACIBORSKI (187); WEST a peut-être emprunté la dénomination à GUTWINSKI (95, p. 10; 97, p. 305; 99, p. 113), qui l'attribue aussi à RACIBORSKI, mais en renvoyant à des figures de ce dernier, qui se rapportent non à *P. Tetras*, mais à *P. muticum* et à *P. Boryanum*. Variétés fondées sur des modifications individuelles du bord de la cellule marginale et sur la longueur des pointes.

2) *perforata* Woloszynska (282, p. 196): variété caractérisée par la présence de petits méats.

3) *burmanicum* Handa (100, p. 261, T. IV, f. 3); *anomalum* Handa (ibid.): variétés créées d'après des cénobes 4 ou 8-cellulaires, à incisions plus larges, à pointes plus écartées que chez les cénobes 16-cellulaires.

P. Braunii Wartmann

WARTMANN et SCHENK : *Schweizerische Kryptogamen*, fasc. 1, n° 32, St Gallen, 1862; BERGE (35, p. 25).

Synonyme: *P. tricornutum* Borge (25, p. 4, f. 3).

Historique

C'est dans les lacs et les marécages tourbeux des hautes montagnes (St-Moritz, Engadine) que WARTMANN découvrit son *P. Braunii*. Il en donne la description suivante (d'après BERGE, 35, p. 25) :

« De toutes les espèces de ce groupe (*Tetractinium*), mon espèce se distingue par la division à peine marquée des cellules du pourtour en deux bras; le développement des quatre courtes cornes est très inégal; il n'est pas rare que les deux dents du milieu soient avortées, du moins l'une d'elles l'est souvent, de sorte que les cellules marginales n'ont souvent que trois cornes. Les cornes latérales disparaissent aussi quelquefois presque complètement; celles des bords de deux cellules voisines sont parfois si rapprochées qu'elles paraissent n'en faire qu'une seule. Les cénobes sont le plus souvent à 8 cellules = $7 + 1$ (diamètre de 20 à 38 μ) et à 4 cellules (diamètre de 20 à 28 μ). Chez ces dernières, tantôt les quatre cellules sont en cercle, renfermant au milieu une petite lacune quadrangulaire, tantôt elles sont disposées de telle manière que deux cellules se touchent au milieu ($2 + 2$). On trouve aussi, entre autres dispositions: $7 = 6 + 1$, $8 = 1 + 5 + 2$, $16 = 5 + 11$ (une petite lacune à cinq angles au centre) ».

P. Braunii est mentionné par RABENHORST (186, p. 78) et par DE TONI (247, p. 583). Ce dernier donne la diagnose suivante :

« *Cenobiis orbicularibus 18-38 μ diam., continuis (soepissime tamen lacuna parva centrali), glauco-viridibus (siccatis), e cellulis 4 ($2 + 2$), 7 ($1 + 6$), 8 ($1 + 5 + 2$) vel 16 ($11 + 5$) formatis; cellulis periphericis late cuneatis, a basi ad apicem usque concretis, levissime emarginatis, rix bilobis, quadricornibus; cornibus plus minusve evolutis (haud raro uno alterove rudimentari vel subnullo); cellulis centralibus polygoniis ».*

NITARDY (162, p. 156), qui rapporte cette diagnose, croit que *P. Braunii* Wartm. doit être rapporté à *P. Tetras* Ralfs (= *P. incisum*

Hassall). Il remarque que le nombre des cellules des cénobes et leur disposition indiquent des colonies irrégulières ($8 = 1 + 5 + 2$); la combinaison $7 = 1 + 6$ lui paraît douteuse. La diagnose de WARTMANN, d'après lui, s'appliquerait bien à *P. Tetras* (= *P. incisum*), si l'on avait indiqué une incision sur les cellules du disque. En effet, WARTMANN ne parle pas d'incisions sur les cellules du disque; au contraire il fait remarquer que la cellule du pourtour n'est pas divisée nettement en deux bras.

En 1892, BORGE (25, p. 4, fig. 3) signale, sous le nom de *P. tricornutum*, une nouvelle espèce avec la diagnose suivante : « *cœnobio orbiculari, continuo; cellulis periphæricis trapeziformibus margine extremo tricornutis, centralibus polygonis* ».

Dans le dessin de BORGE, toutes les cellules marginales ont trois cornes; c'est ce qui explique qu'aucun auteur, excepté LAGERHEIM, ne s'apercevra de la ressemblance de *P. tricornutum* et de *P. Braunii*: il faudra attendre que BORGE lui même, en 1911, nous dise, comme nous le verrons, que ces deux noms désignent la même plante et que le sien doit disparaître comme postérieur. Malgré cela, d'ailleurs, la plupart des algologues actuels désignent encore la plante de WARTMANN sous le nom de *P. tricornutum* Borge.

SCHMIDLE (197, p. 5), en 1895, décrit une variété du *P. tricornutum* Borge: var. *alpina*, avec 2 formes: f. *simplex* et f. *evoluta*. Les colonies diffèrent de la forme type (var. *genuina* Schm.) en ce qu'ils sont perforés; la forme *simplex* désigne les colonies 4-cellulaires, la forme *evoluta*, les cénobes à 16 cellules. Mais, dans les dessins de SCHMIDLE, presque toutes les cellules du pourtour ont quatre cornes, ce qui les fait ressembler beaucoup à celles des cénobes de WARTMANN; cependant SCHMIDLE ne mentionne pas *P. Braunii*.

L'année suivante, SCHRÖDER (205, p. 22, T. L, fig. 7) décrit une forme de *P. tricornutum* Borge à membranes portant des granulations.

CHODAT (55, p. 230), en 1902, rattache *P. Braunii* Wartm. à *P. biradiatum* Meyen, à cause des 4 cornes sans doute, et signale à côté *P. tricornutum* Borge, qu'il a trouvé dans des formations tourbeuses (lac de Champex, dans les Sphaignes, Trélasse, Grand Saint Bernard); la forme diffère de celle de BORGE: « Chaque cellule périphérique, dit-il, porte vers chaque extrémité du bord externe une petite corne hyaline courte, et sur la face, à quelque distance de la

marge externe, un appendice conique couché, qui dépasse à peine le bord et est terminé également par un bouton hyalin (55, fig. 155).

NITARDY (162, p. 168, 180) tient l'organisme de CHODAT pour différent de celui de BORGE, mais ne signale aucune relation entre eux et le *P. Braunii* Wartm.

CHODAT (56, p. 95), en 1922, décrit longuement l'organisme signalé par lui en 1902 sous le nom de *P. tricornutum* Borge, qu'il a retrouvé en abondance dans les mares alpines du Grand Saint Bernard et dans les marais tourbeux de Champex. C'est bien l'espèce de BORGE, mais la cellule marginale a quatre pointes, dont les deux plus externes sont généralement dans le plan du cénobe. Ce dernier est souvent irrégulier et cœlastroïde. CHODAT décrit la multiplication: la jeune colonie s'organise hors de la cellule mère, à l'intérieur d'une vésicule; mais la multiplication se fait aussi, comme chez *P. Boryanum*, par autocolonies. Quelquefois les corpuscules verts ne s'organisent pas, restent isolés et prennent alors l'aspect de polyèdres. Mais CHODAT ne parle pas, dans cette note, de *P. Braunii* Wartm.

Cependant LAGERHEIM (131), en 1900, avait parlé du *P. Braunii* Wartm., dans son ouvrage sur le plancton de l'Île-aux-Ours, et s'était aperçu, le premier, de sa ressemblance avec le *P. tricornutum* Borge; il dit en effet (p. 10, en note): « *P. tricornutum* Borge est sans doute identique à cette espèce (*P. Braunii*): ce nom (*tricornutum*) est donc à supprimer, et aussi pour cette autre raison que l'espèce n'a pas trois, mais quatre cornes; il semble que cette espèce franchement sphagnophile est largement répandue ».

En 1911, BORGE (35), s'occupant de la flore planctonique du Spitzberg, consulta le travail de LAGERHEIM sur l'Île-aux-Ours et, trouvant la note dont nous avons parlé, voulut savoir si son *P. tricornutum* était bien identique, comme le croyait LAGERHEIM, au *P. Braunii* Wartm. Voici ce qu'il dit à ce sujet (p. 25): « *P. Braunii* Wartm. = *P. tricornutum* Borge. J'ai vu peu d'exemplaires: quelques uns correspondaient au *P. tricornutum* Borge; chez les autres, au contraire, les cellules étaient munies de 4 petites cornes. LAGERHEIM suppose que *P. tricornutum* Borge est identique à *P. Braunii* Wartm.; me reportant à la description de ce dernier organisme par RABENHORST (Fl. Eur. Alg.), je jugeai la supposition fondée. Sur ma demande, je reçus du Muséum Botanique de Zurich un

exemplaire original du *P. Braunii* Wartm.; l'examen me prouva la justesse de l'hypothèse de LAGERHEIM. Les cellules du pourtour, vues de front, sont à 4 cornes; les deux cornes du milieu sont un peu redressées; parfois ces deux cornes ou l'une d'elles sont rabattues et un peu écrasées; dans ce dernier cas, on a une forme à trois cornes, ce qui m'avait déterminé à l'appellation *tricornutum* ». BORGE reproduit ensuite la diagnose de WARTMANN, qu'il fait suivre de ces remarques: « On pourrait rapporter au *P. Braunii* le *P. Kawraiskyi* Schmidle; d'après la diagnose de SCHMIDLE, le *P. Kawraiskyi* différerait du *P. Braunii* par l'absence des cornes des côtés et par les granulations de la membrane; or, WARTMANN dit que les cornes des côtés peuvent manquer chez *P. Braunii*. Quant aux granulations. SCHRÖDER (Neue Beitr. Alg. Riesengeb., S. 22, T. I, fig 2) a décrit un *P. tricornutum* granuleux ».

On a vu, en effet, précédemment, que BORGE avait longtemps méconnu le vrai *P. Kawraiskyi*, mais l'avait bien distingué du *P. Braunii* en 1921.

MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, p. 28, T. II, fig. 26 et 30) n'admet pas l'espèce de BORGE: elle la rattache, à titre de variété, en partie à *P. Tetras*, en partie à son *P. tetrapodum*. Elle ne mentionne pas le *P. Braunii* Wartm. Les dessins qu'elle donne de la variété *tricornutum* du *P. tetrapodum* (157, T. II, fig. 26 et 158, fig. 4) ne rappellent nullement le *P. Braunii* Wartm.; les cellules du pourtour sont biradiées; il en est de même de sa fig. 30 de la pl. II, qui représente le *P. Tetras* var. *caudatum* Br. (syn. du *P. tricornutum* Borge, d'après MOROSOWA-WODIANITZKAJA; les cellules ont quatre pointes dans un même plan et sont incisées. Cet auteur n'a donc pas trouvé en Russie le véritable *P. Braunii* Wartm. (= *P. tricornutum* Borge).

En résumé :

1° *P. Braunii* Wartm. est identique au *P. tricornutum* Borge et cette dernière appellation doit disparaître comme postérieure, et d'ailleurs inexacte, puisque la cellule du pourtour a 4 cornes.

2° *P. Braunii* Wartm. est absolument différent du *P. Kawraiskyi* Schm., du *P. biradiatum* et du *P. Tetras* qui, nous l'avons vu, constituent des espèces bien distinctes.

Description (Fig. 155 à 158)

J'ai pu étudier la morphologie de *P. Braunii*, grâce à l'obligeance de M. DEFlandre, qui a communiqué à M. Biorét un échantillon de sa récolte d'une fleur d'eau, du 28 août 1925, dans la tourbière à Sphaignes des Praïges (Haute-Savoie).

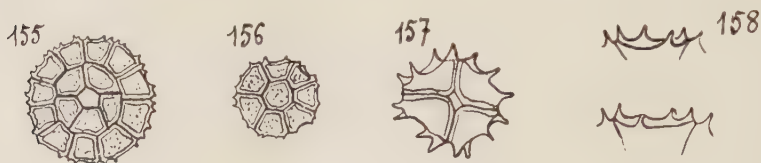


FIG. 155-158. — *P. Braunii* $\times 500$. (158, $\times 750$). Récolte de M Deflandre.

Le disque est simple et sans lacune (rarement un petit méat ou deux dans les cénobes 16-cellulaires); les cellules du disque sont polygonales et non incisées; les cellules marginales sont trapézoïdales, comme chez *P. Tetras*, mais ni incisées, ni biradiées, et soudées les unes aux autres jusqu'au sommet. Le bord frontal libre est élargi en forme de cupule aplatie et ovale; il porte 4 cornes hyalines courtes, faiblement tronquées ou pointues; une à chaque extrémité et deux au milieu; les premières sont ordinairement dans le plan du cénobe: les autres en-dessus et en-dessous, aussi ne sont-elles pas toujours visibles: souvent l'on n'en voit qu'une; elles ne se trouvent jamais au milieu du bord, comme dans l'organisme de CHODAT (55, p. 230, fig. 155) et ne portent pas de bouton hyalin à leur extrémité. La membrane des cellules est lisse.

Disposition des cellules dans le cénobe :

4 cellules:	2 + 2	R.
8 cellules:	7 + 1	CC.
16 cellules:	11 + 5	CC.
32 cellules:	pas observé.	

Dimensions moyennes :

Diamètre des cénobes 4-cellulaires: 28 μ ; 8-cellulaires: 30-35 μ ;
16-cellulaires: 40-50 μ . Longueur des pointes: 2 μ .

Espèce à supprimer

P. tricornutum Borge (25): dénomination postérieure à *P. Braunii*, reconnue comme synonyme par Borge lui-même.

Variétés et formes supprimées

genuina Borge (25, p. 4, f. 3): c'est la forme type.

alpina Schmidle (197, p. 5): variété établie sur de petits méats.

simplex Schmidle, *evoluta* Schmidle (ibid.): formes fondées sur le nombre des cellules du cénobe (respectivement 4 et 16).

TROISIEME PARTIE

REPRODUCTION

L'examen de nombreuses pêches, riches en *Pediastrum* variés, m'a fourni l'occasion d'observer, à maintes reprises, les différents stades de la reproduction asexuée, principalement chez *P. Boryanum* et *P. duplex*. Ce mode de multiplication est de beaucoup le plus fréquent.

L'émission de gamètes a été observée par DE BARY et décrite par BRAUN (45, p. 67, Tab. II, fig. B), d'après les renseignements à lui fournis par DE BARY. Suivant ces auteurs, il existerait des macrogamètes (macrogonidies) et des microgamètes (microgonidies), à un ou deux cils, sortant de la cellule mère en une masse renfermée dans une vésicule; celle-ci s'échapperait par une fente comme pour les zoospores et se résorberait peu à peu, en se dilatant, dans le milieu ambiant. La conjugaison aurait lieu après la mise en liberté des gamètes, mais elle n'a pas été observée.

Cette description ne concorde pas avec celle de CHODAT (55, p. 179), qui dit: « Tandis que les zoospores sont entourées par la vésicule, les gamètes sont mis directement en liberté, ce que j'ai pu constater ».

ASKENASY (8) a décrit, chez *P. Boryanum*, des polyèdres semblables à ceux de l'*Hydrodictyon*, germant en donnant directement des zoospores, renfermées dans une vésicule et s'organisant en une nouvelle colonie.

Malgré l'observation attentive, suivie pendant cinq années, des

Pediastrum de l'étang du Jardin botanique de Tours, je n'ai jamais rien vu qui ressemblât à une émission de gamètes ou à un *polyedrium*. Je considère donc la reproduction sexuée comme très rare et j'ignore complètement quelles sont les conditions naturelles qui la provoquent.

Tout ce qui suit se rapporte uniquement à la multiplication asexuée. Elle est essentiellement caractérisée, on le sait, par une sporulation à l'intérieur d'une cellule quelconque de la colonie; les spores, provenant de la division répétée du noyau, sont en nombre variable, mais ce nombre est toujours une puissance de 2. Elles passent d'ordinaire par un stade zoospore, qui ne comporte pas d'existence libre à l'extérieur. Ces zoospores, enfermées dans une enveloppe commune, finissent par se disposer dans un plan et constituer une colonie semblable à la colonie mère.

La reproduction asexuée n'avait été observée, à ma connaissance, que chez *P. Boryanum*, *duplex*, *Tetras* et *Braunii*; j'ai pu en suivre les différents stades chez *P. biradiatum* et *P. angulosum*; je l'ai observée en partie chez *P. simplex* et *P. Kawraiskyi*.

L'existence des zoospores est certaine chez toutes ces espèces, sauf chez *P. Tetras*.

La formation d'une nouvelle colonie se fait le plus souvent à partir d'une cellule ordinaire, plus rarement à partir d'une cellule enkystée.

CHAPITRE PREMIER

REPRODUCTION ASEXUEE
A PARTIR DE CELLULES ORDINAIRESI. *P. Boryanum*

A. REPRODUCTION NORMALE

La reproduction consiste dans l'émission d'une vésicule hyaline, contenant des corpuscules verts mobiles (zoospores), qui s'étalent sur un plan et s'unissent les uns aux autres pour former une nouvelle colonie. Le phénomène a été observé la première fois par BRAUN (44) et étudié par CHODAT et HUBER (58). Voici quelques détails nouveaux.

La formation des colonies débute d'ordinaire dans les cellules du disque: souvent, de la colonie mère, il ne reste qu'une couronne de cellules vertes (fig. 159); parfois cependant c'est le contraire qui se réalise: on a une couronne de cellules vides et le centre vert; mais ce dernier cas est très rare.

Dans l'étang du Jardin botanique de Tours, les colonies qui donnent des cénobes, au printemps, ont sensiblement la même taille: colonies 16-cellulaires: 80 μ ; colonies 32-cellulaires: 90 μ . La cellule a, en moyenne, 15 à 18 μ de diamètre; les parois ne sont pas ou peu granuleuses.

La division cellulaire qui précède la formation des zoospores paraît rapide. Mes observations sont malheureusement rares sur ce point; mais j'ai vu la division en 16 masses vertes du contenu d'une cellule marginale; elle a duré 3 minutes. La première segmentation s'est faite parallèlement aux pointes.

Les corpuscules verts se transforment en zoospores et entrent en mouvement un peu avant l'émission de la vésicule (fig. 159), à l'intérieur de la cellule mère; j'ai vu la vésicule, détachée des parois

de la cellule mère, rouler sur elle-même à l'intérieur de cette dernière, entraînée par les zoospores en mouvement.

Après l'émission de la vésicule, le mouvement des zoospores dure peu: de 5 à 15 minutes; elles s'étalent sur un plan et se disposent en cercles autour d'une cellule centrale (cénobes 16 et 32-cellulaires); les pointes apparaissent aussitôt au pourtour; la vésicule s'étale, se dilate et devient de moins en moins visible. J'ai noté: mouvement des zoospores: 10'; étalement sur un plan: 3'; apparition des pointes avec échancrure des cellules marginales: 2'; puis la vésicule disparaît peu à peu.

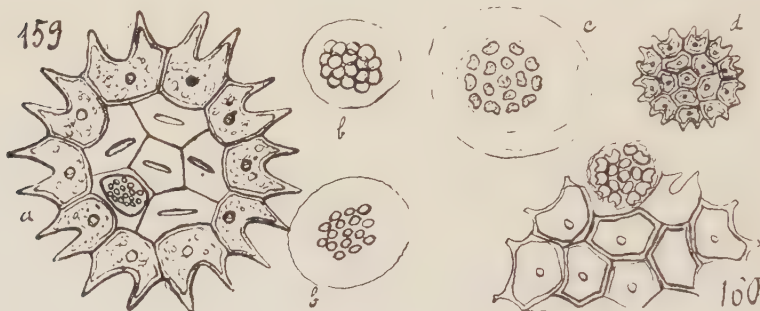


FIG. 159, 160. — *P. Boryanum* $\times 500$. Multiplication asexuée. — 159, Divers stades de la multiplication. Récolte fraîche, Jard. bot. de Tours. — 160, Multiplication dans un cénobe de cultures.

Il n'y a jamais qu'une vésicule par cellule mère; mais le nombre des corpuscules verts dans la vésicule n'est pas toujours égal au nombre des cellules de la colonie mère: dans les colonies 32-cellulaires, l'organisation de la colonie fille, c'est à dire la disposition des cellules, diffère le plus souvent de celle de la colonie mère.

Normalement les zoospores ne s'organisent qu'en une seule colonie.

Les corpuscules verts s'unissent, mais sans se toucher, par l'intermédiaire d'un réseau continu dont ils garnissent les mailles, que l'on voit se dessiner quand la vésicule se dilate et disparaît: c'est la première ébauche du squelette cénobial. La substance qui constitue le réseau est de nature pectique: les jeunes colonies, vidées par l'hypochlorite de soude, ne donnent, avec l'iode et l'acide sulfurique, qu'une coloration à peine violette; mais elles fixent très bien

le rouge neutre. D'où vient le réseau, embryon du squelette de la colonie ? Est-il secrété par les corpuscules, ou provient-il de la vésicule qui les a renfermés ? Il ne doit pas exister de différence entre ce cas particulier et le cas général : chez toutes les Algues à membrane cellulo-pectosique qui se reproduisent par zoospores isolées, la zoospore mobile est toujours une *cellule nue*, qui secrète son enveloppe rigide, après s'être fixée.

B. MODIFICATIONS DANS LE MODE DE REPRODUCTION ASEXUEE

CHODAT et HUBER (58) ont étudié l'influence de la concentration des sels dissous dans le milieu liquide sur la multiplication : il se produit un retard dans la sortie de la vésicule ; les zoospores perdent leur mobilité, les colonies restent plus ou moins en boule, au lieu de s'étaler, formant ainsi des colonies *cœlastroïdes* ; enfin l'organisation de la colonie fille commence dans la cellule mère et la vésicule n'apparaît plus.

J'ai remarqué moi-même qu'il suffit d'abandonner une culture spontanée dans un cristalliseur non couvert, où l'évaporation de l'eau est active pour obtenir les colonies cœlastroïdes ; elles sont beaucoup plus rares lorsqu'on empêche l'évaporation.

Dans les vieilles cultures (6 à 10 mois) on observe alors des modifications dans le mode de multiplication asexuée. La durée de la phase zoospore, qui est normalement courte, diminue encore ; le mouvement des corpuscules cesse aussitôt après l'émission de la vésicule ; la colonie, dans ce cas, s'organise encore en dehors de la cellule mère. Le mouvement des zoospores peut aussi cesser avant l'émission et il arrive même qu'il n'a plus lieu du tout. Dans ce cas, la colonie s'organise dans la cellule mère ; on ne voit plus ni vésicule, ni fente ; la multiplication a lieu par auto-colonie comme chez *Scenedesmus quadricauda* ou *Coelastrum microporum* (fig. 160).

CHODAT (58) a montré que la transformation de la multiplication par zoospores en multiplication par auto-colonie avait lieu aussi, et rapidement, sous l'influence de l'augmentation de la concentration du milieu nutritif. Nous venons de voir que l'absence de flottement peut produire à la longue le même effet,

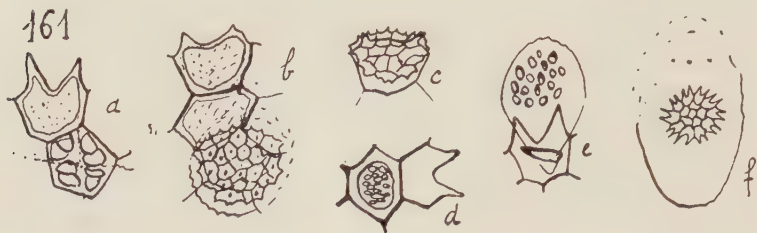


FIG. 161. — *P. Boryanum* $\times 500$. — Multiplication asexuée. (Voir le texte).

J'ai réuni, dans la figure 161, des fragments de cénobes de *P. Boryanum*, portant des cellules en voie de multiplication asexuée; en *a*, on voit une cellule dont le contenu est divisé en 8 masses vertes, arrondies, à peu près égales, groupées deux à deux; il y a eu deux plans de division sensiblement perpendiculaires. En *b*, une colonie cœlastroïde irrégulière naît de la cellule centrale d'un cénobe à 16 cellules; elle est entourée d'une gelée hyaline; la cellule mère ne porte pas de fente: je crois qu'ici l'expulsion de la colonie fille a eu lieu par une déchirure latérale continue, une des faces de la cellule mère s'étant soulevée, comme le couvercle d'une tabatière, sous l'influence de la gelée. En *c*, la colonie fille s'est constituée entièrement dans la cellule mère. On remarquera que dans ces deux derniers cas, où le dégagement de la colonie fille a été imparfait ou nul, les cellules marginales sont du type *integrum*. Or ces cas de multiplication ont été observés sur des cultures de récoltes planctoniques de l'étang du Jardin botanique de Tours, cultures âgées de 2 à 4 mois. Il semble donc que, dans la vie fixée, les anomalies que l'on observe dans la multiplication végétative conduisent aussi aux formes *muticum* et *integrum*. En *d*, on voit une vésicule libre en mouvement dans la cellule; en *e*, elle s'est échappée par une fente et les zoospores sont en mouvement; en *f*, la jeune colonie est encore enfermée dans la vésicule en voie de disparition; les pointes sont déjà longues. Les figures *d*, *e*, *f* se rapportent à des récoltes de l'étang du Jardin botanique de Tours, examinées une demi-heure après leur arrivée au laboratoire; en les comparant aux figures *b* et *c*, on peut constater l'influence du milieu sur le développement des phases de la multiplication et sur l'aspect des jeunes colonies,

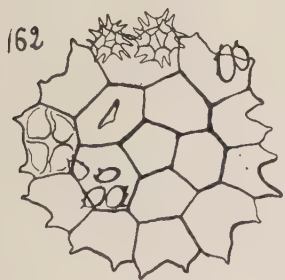


Fig. 162. — *P. Boryanum* $\times 500$.
— Hypnospores (?). Cultures
(Jard. bot. Tours).

Enfin il peut arriver que la jeune colonie ne parvienne pas à s'organiser, ou même que la division cellulaire s'arrête tout à fait : les corpuscules verts, au lieu de s'unir, s'entourent chacun d'une membrane épaisse, échinulée ou non, et prennent l'aspect de spores (fig. 162. CHODAT (58) a signalé, sous le nom d'*hypnospores*, des productions analogues. Ce phénomène me paraît exceptionnel. En août 1929, dans une culture spontanée d'une récolte de plan-

ton faite dans l'étang du Jardin botanique de Tours le 1^{er} mai 1929, les hypnospores (?) se trouvèrent tout à coup assez abondantes pour que je tentasse de les isoler, afin de suivre leur germination : je n'ai pas réussi à les isoler. J'ai essayé depuis, également sans succès, d'en provoquer la formation : la culture dans laquelle elles étaient apparues avait été abandonnée, sur l'appui d'une fenêtre, en plein soleil, à une forte chaleur (28-33°). J'ai traité quelques prises d'essai faites dans cette culture par de la teinture d'orcanette (1/5 avec alcool à 90°) au bain-marie bouillant : les cellules contenaient des gouttelettes d'huile.

II. *P. duplex* (fig. 163)

Chez *P. duplex* la multiplication est exactement semblable à celle du *P. Boryanum*. Elle a été observée aussi par MOROSOWA WODIANITZKAJA (157, p. 26, T. I, fig. 5).

La phase zoospore est très nette, mais elle ne dure pas plus longtemps que chez *P. Boryanum*. Les corpuscules s'incurvent sur leurs quatre faces aussitôt après leur étalement sur un plan, avant la disparition de la vésicule. Puis ils se soudent par les extrémités de leurs bras ; la jeune colonie présente déjà des lacunes très nettes avant la disparition de la vésicule.

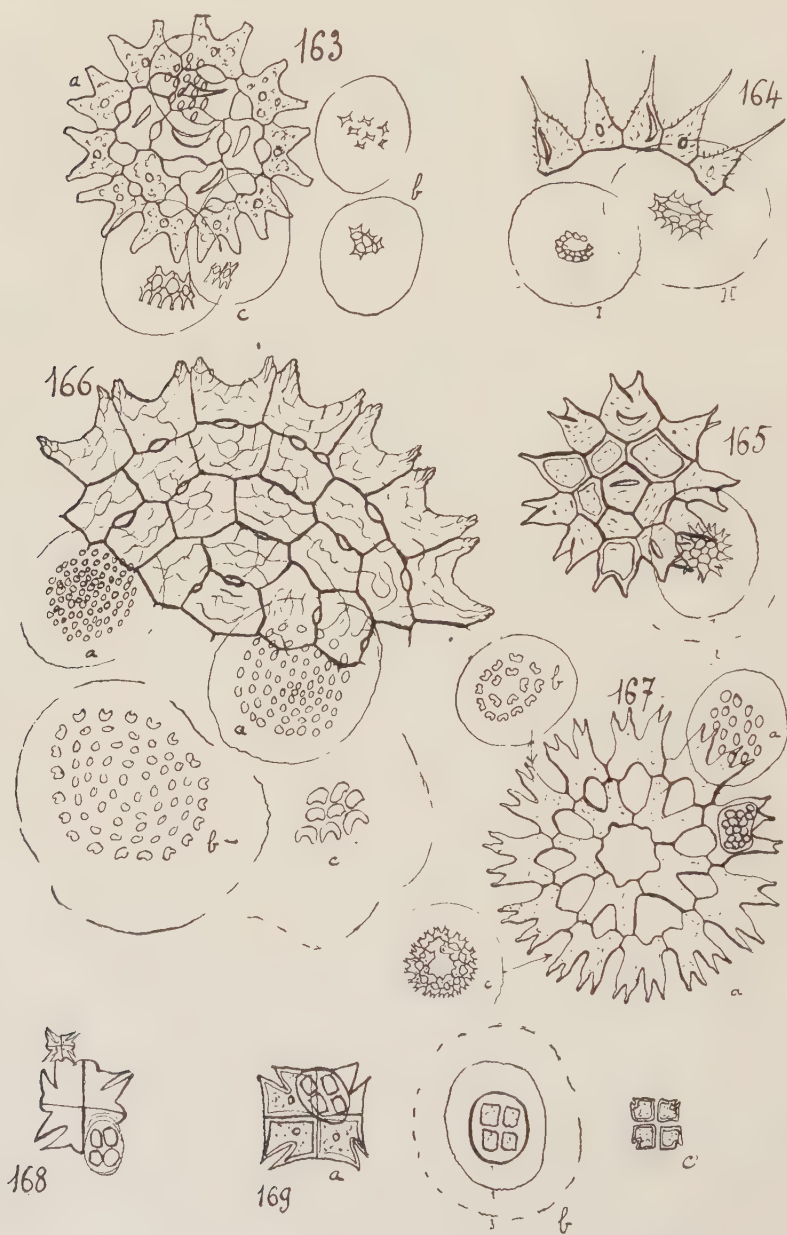


FIG. 163-169. — Multiplication asexuée : — 163, *P. duplex*, Jard. bot. de Tours; — 164, *P. simplex*, Serrant; — 165, *P. Kawraiskyi*, Serrant; — 166, *P. angulosum*, Serrant; — 167, *P. biradiatum*, Serrant; — 168, *P. Tetras*, Serrant; — 169, *P. Tetras*, Jard. bot. de Tours.

III. *P. simplex* (fig. 164)

Chez *P. simplex* je n'ai jamais pu saisir la sortie de la vésicule, mais j'ai observé l'organisation de la jeune colonie dans l'intérieur de la vésicule. Si mes observations sur cette espèce sont plus rares, cela tient sans doute à ce qu'elle se maintient en culture beaucoup moins facilement que les précédentes et s'y multiplie très rarement.

IV. *P. Kawraiskyi* (fig. 165)

Cette espèce est si rare que mes observations, en ce qui la concerne, ont été beaucoup moins nombreuses : je n'en connais qu'une seule station et l'Algue n'y a été abondante qu'en 1929. Mais la multiplication se fait, là aussi, par une vésicule, qui s'échappe par une fente et dans laquelle s'organise le jeune cénobe.

V. *P. angulosum* (fig. 166)

La multiplication se fait comme chez *P. Boryanum*. La jeune colonie est extrêmement caractéristique; les cellules du pourtour, à peine soudées, ressemblent à un tube en U, aux extrémités légèrement effilées et obtuses.

VI. *P. biradium* (fig. 167)

La multiplication végétative est semblable en tous points à celles de *P. Boryanum*, *angulosum* et *duplex*.

Les zoospores enfermées dans une vésicule hyaline, qui s'est détachée de la paroi et est devenue libre à l'intérieur de la cellule mère, s'échappent en boule, par une fente, avec la vésicule, s'agitent en un vif mouvement de fourmillement, qui dure 5 minutes; puis elles s'étalent sur un plan, pendant que la vésicule se dilate; elles se disposent en cercles concentriques, cessent de s'agiter et se soudent; les bras apparaissent en pourtour et la vésicule disparaît.

VII. *P. Tetras* (fig. 168, 169)

La sporulation a été décrite par BERNARD (17, p. 95, T. XV, f. 502-513).

« Dans les stades qui précèdent la division, les cellules se gonflent, d'où il résulte que les émarginations latérales et l'incisure angulaire deviennent moins marquées. J'ai pu observer tous les stades de la division, qui se fait de la manière suivante. Une première cloison apparaît, un peu courbée, qui va du fond de l'incisure angulaire au milieu d'un des côtés externes de la cellule. Une deuxième cloison se forme, partant du milieu du côté convexe de la précédente cloison et aboutissant à peu près à l'angle opposé. Enfin, une troisième va du milieu de la seconde jusque dans le voisinage de l'angle interne de la cellule. Il résulte donc, de cette division, 4 éléments filles; pour la formation des cénobes 8-cellulaires, de nouvelles cloisons partagent ces 4 cellules. Les cellules filles grossissent et peuvent s'organiser, directement dans la cellule mère, en cénobe définitif, de forme identique au cénobe primitif. Les cénobes filles sont mis en liberté par rupture de la membrane de la cellule mère. Dans d'autres cas, les cellules filles sortent alors qu'elles ne sont pas encore organisées, ou du moins alors qu'elles le sont incomplètement: ou bien toutes sont irrégulièrement polygonales ou elliptiques, ou bien les unes ont déjà acquis leur forme définitive, tandis que les autres sont restées plus ou moins arrondies ou de contour irrégulier.

« Quand les cénobes sont mis en liberté à l'état incomplet, leurs cellules ne sont pas en contact très intime, et on peut les voir encore entourées de la gelée au moyen de laquelle leur expulsion a été facilitée. J'ai constaté, dans les cénobes 4-cellulaires, des cellules en voie de division donnant l'une un cénobe-fille à 4 cellules, la voisine un cénobe-fille à 8 cellules. Les familles 8-cellulaires que j'ai observées étaient toutes disposées par 7 + 1 cellules ».

On remarquera que l'auteur ne parle pas de vésicule entourant les cellules filles avant et pendant leur organisation en colonie, mais seulement d'une gelée.

J'ai observé, pour ma part, que les spores se présentent comme de petites masses vertes, plus ou moins anguleuses (4 angles), enfermées dans une vésicule, hors de la cellule mère (fig. 169); mais cette vésicule est appliquée sur les spores immobiles.

Je n'ai pas assisté à l'émission de la vésicule; je ne crois pas, cependant, qu'elle ait lieu à travers une fente de la paroi libre de la cellule mère, comme c'est le cas chez les autres espèces du genre: je n'ai jamais vu de fentes sur les cellules vides des cénobes de *P. Tetras*.

Je n'ai jamais observé, non plus, aucun mouvement propre des corpuscules verts; je ne crois pas qu'ils soient mobiles à aucun moment, bien que je n'aie pas eu l'occasion d'assister à l'émission elle-même, ni aux phénomènes qui la précèdent et la suivent immédiatement. *P. Tetras* formerait donc des *aplanospores*, et non des zoospores comme les autres espèces du genre. La multiplication se ferait suivant un mode intermédiaire entre celui de *P. Boryanum* et celui de *Scenedesmus quadricauda*; en particulier, la sortie des spores dans la vésicule gélatineuse aurait lieu comme la sortie de la colonie fille chez *Scenedesmus quadricauda*, par le bord externe libre de la cellule pour les cellules marginales, et par une déchirure suivant une ligne de suture pour les cellules du disque, la paroi supérieure étant soulevée comme un couvercle à charnière (ouverture en tabatière).

La vésicule est d'abord appliquée contre les spores, puis peu à peu se dilate (fig. 169) et disparaît: on distingue alors les incisions sur les jeunes cellules, qui viennent de se souder pour donner la nouvelle colonie.

RESUME

Dans le genre *Pediastrum*, le mode de multiplication asexuée est le même dans toutes les espèces, sauf peut-être chez *P. Tetras*. Il est caractérisé par l'organisation de la jeune colonie hors de la cellule mère, à l'intérieur d'une vésicule hyaline. Exceptionnellement, chez *P. Boryanum* (peut-être aussi chez les autres espèces, mais je ne l'ai pas constaté), dans des conditions très particulières, la multiplication par zoospores passe peu à peu à la multiplication par autocolonie. C'est ce dernier mode de multiplication qui se réalise peut-être aussi chez *P. Tetras*.

CHAPITRE DEUXIEME

REPRODUCTION ASEXUEE A PARTIR DE KYSTES

Les kystes et leur germination n'ont été observés par les auteurs antérieurs que chez *P. Boryanum* et *duplex*. CHODAT et HUBER (58) ont étudié la formation et le développement, en culture, des kystes de *P. Boryanum* et montré l'influence de la concentration du milieu sur leur formation; mais, au sujet de leur germination, ils se bornent à dire qu'elle a lieu, dans l'eau distillée, par gélification des parois, et que les zoospores s'organisent en une ou plusieurs colonies. PROBST (184) a décrit plus longuement le phénomène des colonies multiples chez *P. duplex*.

J'ai observé la formation et la germination des kystes chez *P. Boryanum*, *duplex*, *angulosum*, *biradiatum*, *simplex* et *Tetras*.

I. *P. Boryanum*

A l'état naturel, *P. Boryanum* peut s'enkyster, quand les conditions extérieures nécessaires à la multiplication végétative viennent à manquer: parmi celles-ci, nous le verrons plus loin, il y a un minimum de température, au-dessous duquel la végétation est très ralentie; il m'est arrivé, pendant l'hiver, de trouver, dans des dépôts provenant de l'étang du Jardin botanique de Tours, des colonies de *P. Boryanum* dont les cellules étaient vides, sauf une ou deux, qui, ayant continué à grossir, présentaient des parois renflées, avec un contenu très vert et une membrane épaisse, souvent échinulée.

En février 1929, pendant la période de grand froid, ces sortes de kystes se montrèrent plus fréquents sous la glace du bord, dans les vases, alors que *P. Boryanum* végétait encore activement en profondeur. DENIS (76, p. 95) avait déjà constaté que la vie des Algues vertes inférieures n'était pas toujours interrompue par le gel; il mentionne que PETIT a vu un *Hydrodictyon* pris dans la glace sans dommage. A la même époque, ayant exposé à la gelée des cultures riches en *P. Boryanum* dans des cristallisoirs de cinq litres pleins

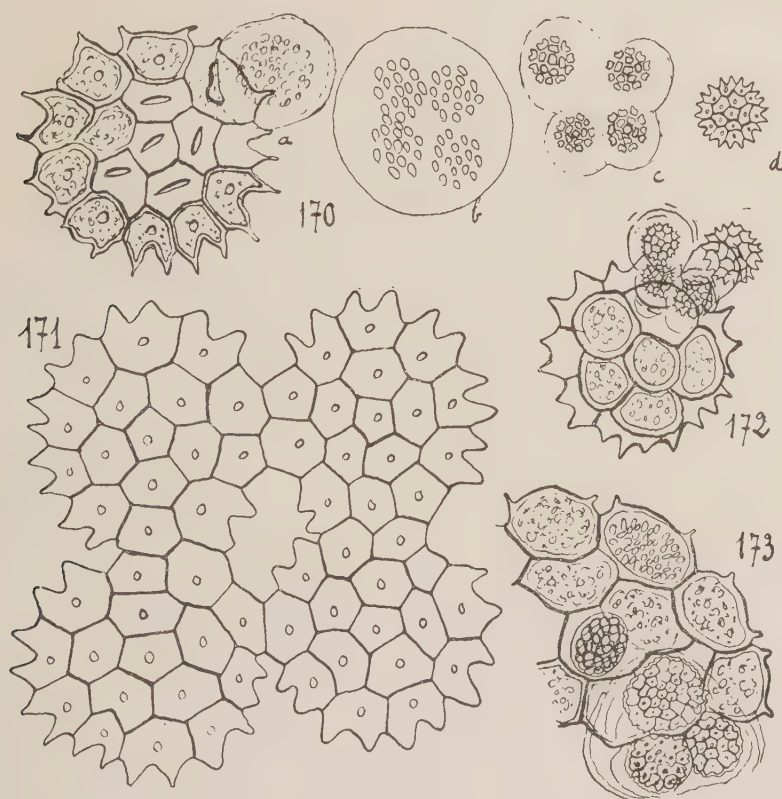


FIG. 170-173. — *P. Boryanum* $\times 500$. — Kystes. Germination des kystes. — 170, Cultures (Jard. bot. de Tours); — 171, Cénobe composé, cultures (Jard. bot.); — 172, Récolte fraîche, Jard. bot. de Tours, février 1929; — 173, Cultures (Jard. bot., octobre 1929-Avril 1930).

d'eau, je retrouvai quelques cénobes plus ou moins enkystés dans le dépôt boueux, sous la masse de glace, au milieu des colonies vides ou décolorées. Ayant remis ces dépôts en culture dans de l'eau distillée à $+ 15^{\circ}$, je pus observer la germination de quelques kystes et constater cette nouvelle propriété des zoospores, signalée par CHODAT (58) de se rassembler en 2 ou 4 colonies (fig. 170). Le fractionnement de la masse des zoospores ne se fait pas brusquement, mais progressivement. La vésicule une fois en liberté, les zoospores en mouvement forment une masse qui occupe la partie centrale; puis elles s'étalent sur un plan, et c'est alors qu'on voit apparaître 2 ou 4 colonies, qui peu à peu s'isolent l'une de l'autre. Il peut arriver qu'elles ne parviennent pas à une séparation totale: on a alors une véritable colonie composée (fig. 171).

Le mode de germination des kystes paraît assez variable; la sortie d'une vésicule par une fente, comme chez la cellule végétative, est un cas certainement exceptionnel: je ne l'ai vue qu'une fois. La germination a presque toujours lieu par gélification, partielle ou totale, des parois du kyste. La figure 172 montre une colonie à 16 cellules portant six kystes, formés par les six cellules du disque. En se développant, ils ont débordé sur le pourtour vide et l'ont partiellement recouvert. L'un de ces kystes germe, en donnant quatre colonies 16-cellulaires; il ne porte pas de fente et les parois, au moins les parties externes, n'en sont pas gélifiées; le bord externe est nettement visible; les colonies filles ont été mises en liberté par le soulèvement de la paroi supérieure: c'est l'ouverture en tabatière. Elles sont entourées chacune d'une auréole gélatineuse, qui rappelle la vésicule, mais qui m'en semble cependant différente: ses contours ne sont pas nets et je ne l'ai pas vue se dilater; mais elle m'a paru diffuser rapidement dans le milieu ambiant. La colonie de droite, plus avancée que les autres dans son développement, se trouve dégagée de la matière gélatineuse, qui ne l'entoure plus, alors que la vésicule entoure la jeune colonie dans le cas normal. Peut-être cette auréole gélatineuse joue-t-elle un rôle dans l'ouverture du kyste, qu'elle provoquerait par sa dilatation. En tout cas, la phase zoospore, si elle a eu lieu, a dû être courte; elle ne s'est pas prolongée après l'ouverture du kyste, puisque les colonies en sortent planes et organisées. Ce mode de multiplication rappelle un peu celui que PROBST (184) a décrit pour les kystes de *P. duplex*: la séparation des colonies a eu lieu ici dans l'intérieur du kyste.

Enfin, la mise en liberté des colonies filles peut se faire par gélification totale des parois (fig. 173).

Ainsi *P. Boryanum* a la faculté de s'enkyster et le changement de forme consécutif à l'enkystement produit des formes semblables à la forme *integrum*. Cet enkystement résulte d'un retard dans la multiplication végétative (CHODAT, 58, p. 11); il se produit quand les conditions de milieu nécessaires à la production de cette dernière viennent à manquer: parmi ces conditions, il faut noter, nous venons de le voir, une certaine température et une dilution assez grande des éléments nutritifs; il y en a peut-être d'autres que j'ignore. Je n'ai pas eu la chance de trouver à l'état naturel des kystes en grande quantité; il se pourrait que le *P. Pearsoni* de G. S. WEST (256, p. 79) ne soit pas autre chose que du *P. Boryanum*.

enkysté, par suite de conditions de milieu défavorables à la multiplication végétative.

La germination des kystes se fait comme chez *P. Boryanum*.

II. Chez les autres espèces

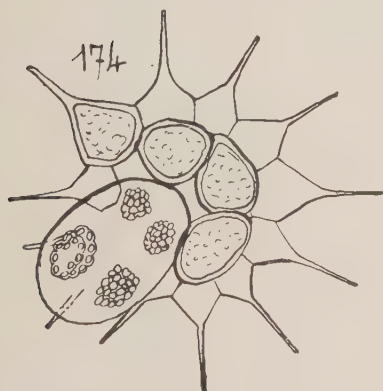


FIG. 174. — *P. simplex* $\times 500$. — Kystes, germination (Loire, août-octobre 1930).

La figure 174 montre un cénotype de *P. simplex* dont les cellules marginales sont vides, sauf une, et dont les quatre cellules internes ont donné des kystes. L'un d'eux germe : la paroi se gélifie ; les corpuscules se divisent en quatre groupes, qui donneront chacun une jeune colonie : on en voit une qui commence à s'organiser.

Chez *P. duplex*, l'enkystement paraît plus rare. J'ai cependant trouvé quelques colonies avec kystes pendant l'hiver, dans les

vases de l'étang du Jardin botanique de Tours, alors que l'Algue ne végète plus dans le plancton. On peut aussi en trouver dans les vieilles cultures.

PROBST (184) a montré que la concentration du milieu et son enrichissement en principes nutritifs favorisaient l'enkystement et que la reprise de la culture avec de l'eau de pluie provoquait la germination des kystes. Les figures 175 et 176 montrent tout ce que j'ai pu voir de la germination de ces kystes ; dans la figure 175, on voit 2 masses de zoospores, non encore étalées, dans la même vésicule.

J'ai toujours vu une vésicule générale, mais jamais de vésicules secondaires autour des jeunes colonies, prenant naissance dans la vésicule générale. Cependant PROBST qui a vu le phénomène des colonies multiples chez *P. duplex*, en culture pure, l'a décrit un peu différemment. Dans l'intérieur du kyste, au début de la germination, il a vu 4 masses protoplasmiques vertes, nettement séparées et entourées chacune d'une membrane d'abord protoplasmique, dit l'auteur, puis cellulosique ; chaque masse verte donne un groupe de zoospores

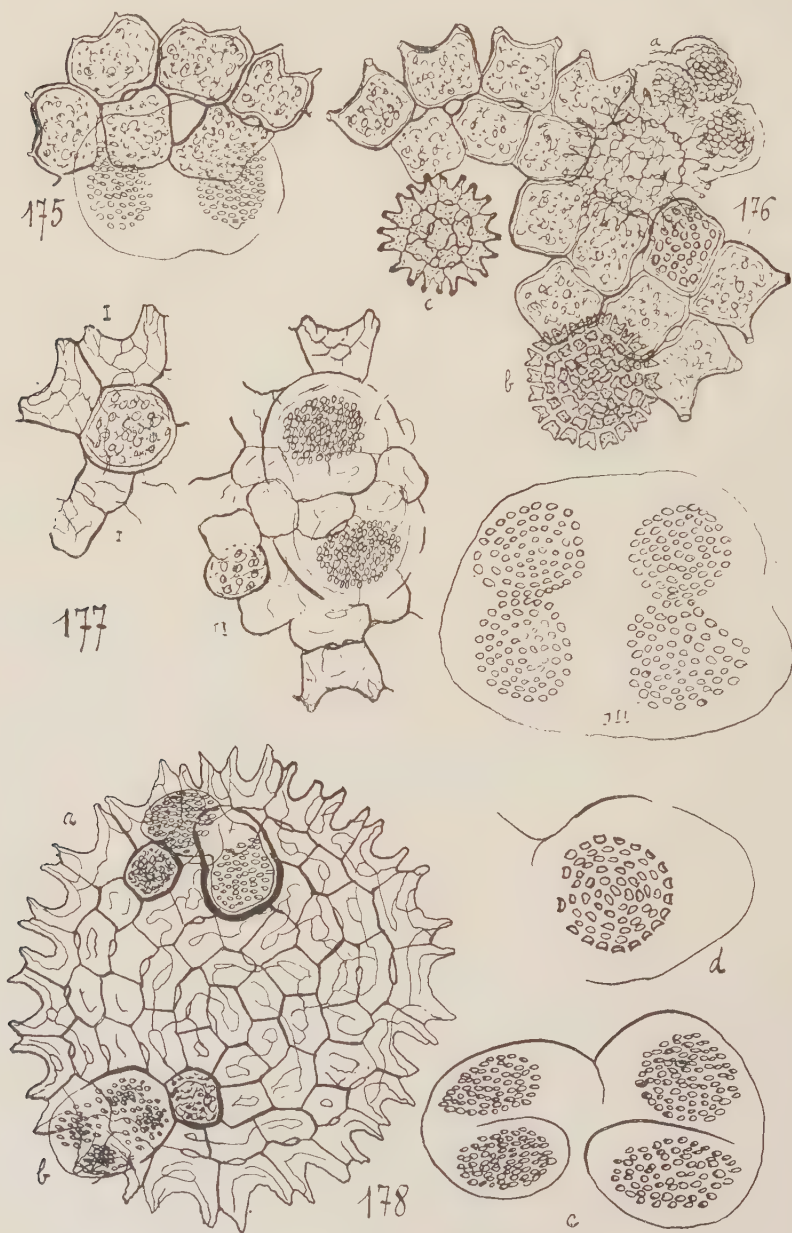


FIG. 175-178. $\times 500$. — Kystes, germination. — 175, 176, *P. duplex*, Cultures (Jard. bot. de Tours, juillet-octobre 1930); — 177, 178, *P. angulosum*, Serrant (177, vieille culture; 178, récolte fraîche, Mai 1932).

et la membrane forme la vésicule, de sorte que l'on a finalement 4 groupes de zoospores renfermés chacun dans une vésicule : les 4 vésicules secondaires se trouvent ainsi contenues dans la vésicule générale, provenant de la gélification des parois du kyste. La séparation des colonies a donc lieu dans ce cas avant la formation des zoospores. Je n'ai pas vu ce cas chez *P. duplex*, ni chez *P. Boryanum*, mais seulement la séparation des colonies après la formation des zoospores. Les zoospores, d'ailleurs, ne se séparent pas toujours : dans ce cas, on n'a qu'une colonie par kyste.

Quant au *P. angulosum*, j'ai pu voir deux fois la germination des kystes : dans la récolte du 17 juin 1930, le 1^{er} juillet, et dans celle du 27 mai 1932, le 29 mai. Les kystes, ou aplanospores, avaient été signalés par DENIS (76, p. 137, fig. 17) ; mais leur germination, à ma connaissance, n'avait pas été observée. La première fois, je n'ai pu voir la sortie de la vésicule (fig. 177) : les zoospores étaient déjà hors de la cellule mère et groupées en deux masses, dans l'intérieur de la vésicule. La seconde fois, je trouvai deux kystes qui germaient dans une colonie 64-cellulaire, presque complètement vide (fig. 178). L'un d'eux avait acquis de grandes dimensions, il couvrait les cellules du rang externe, débordant jusque sur celles du pourtour ; les parois étaient à demi gélifiées ; la vésicule était en partie dégagée et les zoospores déjà groupées en deux masses, l'une restée dans le kyste, l'autre dans la partie de la vésicule dégagée (fig. 178 a). Cette dernière s'échappa du kyste complètement en une minute et aussitôt les zoospores en mouvement parurent divisées en 4 masses, séparées l'une de l'autre par des replis de la vésicule. Cinq minutes après, elles étaient étalées sur un plan, constituant 4 colonies à 64 cellules (fig. 178 c, d), semblables à la colonie mère ; dans la première observation, le kyste avait également donné 4 colonies à 64 cellules, et la colonie mère était aussi à 64 cellules ; ce cas doit être le plus fréquent ; les deux kystes dont j'ai vu la germination contenaient donc, avant l'ouverture, 256 zoospores. Le mouvement des zoospores n'a pas duré plus de 5 à 7 minutes. La vésicule hyaline m'a paru, lors de la deuxième observation, comme divisée en quatre vésicules secondaires incomplètement closes (fig. 178 c), mais il ne m'a pas paru y avoir de vésicules secondaires distinctes de la vésicule générale, cas observé par PROBST chez *P. duplex*.

P. biradiatum forme également des kystes comme les espèces précédentes. La figure 179 montre la germination d'un kyste : elle

a lieu par gélification des parois de la cellule enkystée; celle-ci s'accroît, recouvrant une partie du cénobe; puis on distingue, à travers la paroi, une masse de corpuscules verts en mouvement dans l'intérieur d'une vésicule. Ils s'organisent en deux ou quatre colonies.

On peut observer tous les passages entre la multiplication de la cellule végétative, avec sortie de la vésicule par une fente, et la germination du kyste par gélification de la paroi.

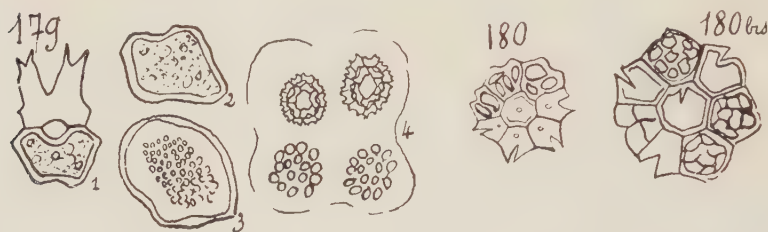


FIG. 179-180 bis. $\times 500$. — Kystes, germination. — 179, *P. biradiatum*, (Serrant juillet-septembre 1929); — 180, 180 bis, *P. Tetras* (180, Cultures, Jard. bot. de Tours, septembre 1930-mars 1931; — 180 bis, Jard. bot., boues fraîches).

Enfin, chez *P. Tetras*, dans les vieilles cultures, on voit quelquefois des cénobes avec cellules marginales à parois externes renflées; l'incision disparaît presque complètement, comme l'a indiqué BERNARD (17, p. 95). Ce sont de véritables kystes. J'ai observé la division du contenu intérieur en plusieurs masses vertes; mais je n'ai pu suivre la sortie et l'organisation de la colonie fille. La figure 180 montre un commencement de multiplication, semblable à ce qu'on observe chez *Scenedesmus*.

La figure 180 bis a été prise sur un cénobe de *P. Tetras*, provenant de boues et examiné aussitôt après la récolte (printemps). Le cénobe renferme plusieurs kystes en germination: le bord externe de deux de ces kystes semble indiquer un commencement de gélification de la membrane.

RESUME

La multiplication par kystes diffère de la multiplication par division d'une cellule végétative par les caractères suivants :

1° le kyste a un volume beaucoup plus considérable que la cellule végétative; les dimensions des zoospores étant toujours les mêmes, il en résulte que la division du contenu de la cellule aboutit à la formation de zoospores en nombre toujours plus considérable que celui des cellules de la colonie mère.

2° le kyste peut produire une seule colonie fille, dont les cellules sont alors plus nombreuses que celles de la colonie mère: ce cas est le plus rare; plus généralement, il produit 2 ou 4 colonies filles dont les cellules sont en nombre égal ou inférieur à celui des cellules de la colonie mère.

3° Le mode de mise en liberté des colonies filles diffère presque toujours de celui qu'on observe dans la multiplication asexuée ordinaire: je n'ai vu qu'une fois, et chez *P. Boryanum* seul, la sortie d'une vésicule par une fente; ordinairement on observe soit la rupture de la paroi sur le bord libre (cellule marginale), ou sur la ligne de suture (cellule du disque), sous l'effort produit par la dilatation de la gelée interne, soit la gélification totale de la paroi du kyste.

QUATRIÈME PARTIE

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE et ÉCOLOGIE des *PEDIASTRUM*

DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DES PEDIASTRUM

Sur les huit espèces du genre, quatre sont universellement répandues et semblent partout également abondantes : *P. Boryanum*, *duplex*, *simplex*, *Tetras*. Des quatre autres, deux manquent ou sont très rares dans des régions étendues : *P. biradiatum* et *P. angulosum* ; la troisième, *P. Kawraiskyi* a une aire de répartition limitée ; quant à la dernière, *P. Braunii*, elle ne se trouve, au moins en Europe, que dans les tourbières du Nord et des hautes montagnes du Centre et du Midi.

A. PREMIER GROUPE. Espèces à répartition universelle :

P. Boryanum, *duplex*, *simplex*, *Tetras*

P. Boryanum

Espèce universellement répandue : des confins de la région arctique aux abords du continent antarctique, elle a été signalée sous toutes les latitudes ; en France, et dans toute l'Europe tempérée, c'est l'espèce du genre la plus caractéristique du plancton des rivières, des étangs, des mares : les algologues la mentionnent partout.

Région arctique: 10, 34, 35, 60, 131, 193, 275, 280.

Scandinavie, Russie, Régions baltiques: 25, 26, 32, 38, 41, 42, 43, 49, 126, 139, 153, 157, 158, 162, 180, 181, 194, 195, 199, 209, 213, 214, 216, 219, 241, 243, 244, 253, 276, 293.

Europe centrale et méridionale, Açores, Madère: 7, 12, 55, 109, 114, 121, 178 bis, 204, 209, 212.

Asie: 220 à 234, 48, 78, 80, 100, 144, 150, 166, 167, 174, 178, 182, 240, 251, 267, 278, 287, 288.

Amérique du Nord: 34, 234, 235, 261, 286.

Amérique du Sud et Amérique Centrale: 31, 33, 36, 128, 129, 136, 151, 274.

Afrique: 30, 40, 82, 86, 87, 90, 111, 112, 130, 168, 173, 191, 200, 201, 254, 256, 262, 263, 282.

Océanie, Australie: 17, 28, 53, 121, 163, 164, 169, 170, 272, 277, 281.

Région antarctique: 6, 31, 52, 85, 192, 279.

P. Boryanum est l'espèce du genre la plus répandue dans les régions australes. Il n'a pas été rencontré sur les bords du continent antarctique, ni sur la terre de Graham, ni dans les Orcades du Sud (Expéditions Charcot et O. Nordenskjöld : Documents scientifiques); mais il est signalé dans la Géorgie du Sud par CARLSON (52) et REINSCH (192), en compagnie de *P. duplex*. FRITSCH (85, p. 293 et 294) note l'absence de formes cosmopolites dans les Orcades du Sud : *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Cosmarium*, *Closterium*, mais rappelle que *P. Boryanum* se trouve dans la Géorgie du Sud et aux Kerguelen. WILLE (279) signale *P. Boryanum* aux Iles Kerguelen.

Enfin *P. Boryanum* paraît avoir été l'espèce la plus abondante dès l'époque post-glaciaire; en effet STEINECKE (238) et BORGE (27) le signalent comme abondant dans les tourbières fossiles post-glaciaires de l'Allemagne du Nord et de l'île Gothland; les autres espèces *P. duplex*, *P. angulosum* sont beaucoup plus rares :

En résumé, *P. Boryanum* (Turp.) Men. est l'espèce du genre la plus répandue et sans doute la plus ancienne; on la trouve dans toutes les masses d'eau comportant un milieu planctonique, dans tous les pays du monde, sous toutes les latitudes, à toutes les altitudes. Et si *P. Boryanum* se multiplie presque uniquement pendant l'été dans les régions tempérées, il se maintient souvent très abondant pendant l'hiver au moins dans certaines stations, où il reste vert même sous la glace, montrant ainsi une grande résistance au froid. C'est égale-

ment l'espèce qui se développe le mieux en culture et c'est enfin une des plus polymorphes. Elle a une grande plasticité et une grande résistance: c'est le type de l'espèce à la fois eurypote et eurytherme.

P. duplex, simplex, Tetras

Ces trois espèces accompagnent presque partout *P. Boryanum*. Cependant, les deux premières manquent dans la région arctique : ni BACHMANN (10), ni BERGE (35), ni LAGERHEIM (131), ni WILLE et ROSENVINGE (280) ne les ont rencontrées. De même, dans la région antarctique, on n'a trouvé que *P. duplex* et *P. Tetras*, le premier seulement dans la Géorgie du Sud (CARLSON, 52; REINSCH, 192), le second aux îles Kerguelen (WILLE, 279; ARCHER, 6). Au contraire, dans les régions tropicales, *P. duplex* et *simplex* sont plus souvent mentionnés que *P. Boryanum*; ainsi VAN OYE (172) ne mentionne que *P. duplex, simplex, Tetras*, dans sa liste des *Algues du Congo Belge*, et BERGE (30) ne cite pas *P. Boryanum* dans sa liste des Algues d'eau douce des régions tropicales et subtropicales.

B. DEUXIEME GROUPE. Espèces à répartition limitée

P. biradiatum

Espèce très rarement signalée en France : environs de Falaise (DE BRÉBISSE, 46), canal de Roubaix (SCHODDUYN, 202).

En Europe, on la rencontre presque partout; mais alors que *P. Boryanum, duplex, Tetras* se trouvent dans toutes les stations d'une région donnée, *P. biradiatum*, comme *P. simplex*, ne végète que dans quelques-unes.

Allemagne: 118, 153, 139, 162; Angleterre et Irlande: 257, 260, 266; Belgique: 122; Bulgarie: 178 bis; Etats Baltes: 92, 213, 214; Danemark: 253; Finlande: 53 bis; Norvège: 180, 243; Pologne: 98, 187; Suède: 32, 38, 126; Suisse: 55, 270; Roumanie: 246; Russie: 24, 26, 157; Amérique du Nord: 235; Amérique du Sud: 73; Afrique: 82, 172; Asie: 182, 220, 221, 223, 231.

P. angulosum

Espèce aussi rare que *P. biradiatum*, mais cependant plus souvent signalée, en France, que cette dernière.

France: 69, 70, 71, 72, 76, 77; *Europe*: 38, 153, 162, 180; *Amérique du Nord*: 235; *Asie septentrionale*: 220.

Des huit espèces du genre, c'est la moins souvent signalée, dans l'Asie centrale et septentrionale, par SKVORTZOW.

P. angulosum n'a pas encore été, à ma connaissance, rencontré dans l'hémisphère sud.

L'espèce est probablement confondue avec *P. Boryanum* par certains auteurs.

P. Braunii

Espèce arcto-alpine, peu répandue en Europe; elle paraît plus fréquente dans l'Asie septentrionale et centrale.

France: 69, 72, 74 (Alpes et Pyrénées); *Europe*: l'espèce est surtout répandue en *Ecosse*, *Suède*, *Norvège*, *Finlande*, *Russie du Nord*, dans les lacs, tourbières, ruisseaux des hautes vallées. Au sud de la Baltique, on ne la trouve que dans les montagnes;

Europe du Nord: 25, 35, 53 bis, 180, 243, 244, 260, 266; *Europe du Centre et du Midi*: 94 bis, 178 bis, 197, 246, 11, 55, 244; *Asie*: 221, 222, 231.

P. Kawraiskyi

C'est la moins répandue des huit espèces de *Pediastrum* et elle est rarement abondante.

En *France*, la seule station signalée jusqu'à ce jour est celle de l'Étang de Serrant (19), à Saint-Georges-sur-Loire (Maine-et-Loire); elle y est presque aussi abondante que *P. simplex*, sans l'être autant toutefois, et de beaucoup, que *P. Boryanum*, *angulosum* et *duplex*.

Dans le reste de l'Europe, *P. Kawraiskyi* n'est guère signalé, mais alors assez fréquemment, que dans les listes floristiques concernant les régions qui touchent à la *mer Baltique*: Allemagne du Nord (1, 118, 120, 134, 137, 138, 142, 143, 148, 153, 162, 179); Danemark (253); Scandinavie (37, 141, 180); Russie (157, 216); Lettonie

(92, 213, 214). BRUTSCHY (51, p. 102) donne bien le nom de *P. Kawraiskyi* dans une liste d'Algues du val Piora, en Suisse; mais il n'insiste pas sur ce fait intéressant et il ne donne ni description, ni figure de l'organisme qu'il attribue à cette espèce.

En Asie, *P. Kawraiskyi* semble atteindre une plus large distribution: depuis le *Caucase*, qui a fourni les récoltes de KAWRAISKY, dans lesquelles SCHMIDLE (198) a découvert et créé la nouvelle espèce, — même dans cette région originelle de l'espèce, elle ne doit pas être très commune, car on ne la retrouve pas dans les listes de WORONICHIN (278, 288), qui s'est spécialement occupé des Algues du Caucase —, jusqu'au bassin de l'*Amour*, en passant par le *Pamir* et le lac *Zaisan* (178, 78, 182, 220, 222, 231, 233, 234) : la plus grande part de ces découvertes est due à SKVORTZOW.

De sorte que, dans l'*Eurasie*, il semble exister deux centres importants de distribution de *P. Kawraiskyi* : le pourtour de la *Baltique* et l'*Asie centrale*.

En dehors de l'*Eurasie*, les seules mentions que je trouve de *P. Kawraiskyi* sont celles de SMITH (235), qui le signale comme très rare dans trois stations du Wisconsin, en *Amérique du Nord*, et de BACHMANN (10), qui le donne comme accessoire dans un lac de la côte orientale du *Groenland*.

CHAPITRE DEUXIEME

*DISTRIBUTION DES PEDIASTRUM
EN ANJOU ET EN TOURAINE*

La constitution d'un milieu planctonique exige une masse d'eau assez considérable pour qu'il y ait une zone pélagique et une zone néritique. Les *Pediastrum*, organismes planctoniques, vivent et se multiplient dans la première. On les trouve aussi dans la seconde, fixés sur le fond, les pierres, les feuilles immergées; mais dans les petites mares, les fossés, marécages, en général dans les masses d'eau trop petites pour comporter des zones pélagique ou limnétique distinctes, les *Pediastrum*, du moins les principales espèces du genre, sont généralement absents.

Cette observation s'accorde avec celle d'ALLORGE (2, p. 621), qui a remarqué la disparition des *Pediastrum* dans les mares et fossés tourbeux en plaine (association à *Scirpus fluitans* et à *Potamogeton polygonifolius*). De même, pour CHODAT (54, p. 49), les *Pediastrum*, les *Scenedesmus* et les *Coclastrum* (du moins les espèces communes), caractérisent le plancton des étangs et non celui des grands lacs; il leur faudrait, d'après lui, une quantité de matières organiques supérieure à celle que l'on trouve en dissolution dans l'eau des grands lacs; en effet, les eaux des étangs, moins agitées et moins aérées que celles des lacs, sont plus riches en matières organiques dissoutes et, le plus souvent, contiennent outre de l'azote nitrique, de l'azote nitreux et de l'azote amoniacal, qui la plupart du temps, manquent dans l'eau des grands lacs. D'après CHODAT, *Pediastrum*, *Scenedesmus* et *Coclastrum* seraient caractéristiques du plancton limnétique, ou plancton des étangs, par opposition au plancton pélagique, ou plancton des grands lacs (fig. 181). WESENBURG-LUND (253, p. 23 du résumé en Anglais) dit, lui aussi, que les *Pediastrum* de la région pélagique sont importés, mais que *P. Boryanum* est surtout abondant près des rives, tandis que *P. simplex* domine vers la région pélagique. NAUMANN (161, p. 300) classe

les *Pediastrum* dans les organismes des lacs eutrophes, avec *Cœlas-trum*, *Scenedesmus*, *Dictyosphaerium*.



FIG. 181. — Distribution des *Pediastrum* dans les diverses masses d'eau.

Les milieux planctoniques aux environs de Tours sont assez variés: d'abord un grand fleuve, la Loire, à cours rapide pendant l'hiver et le printemps, souvent transformé, de juillet à octobre, en une suite de cuvettes isolées, plus ou moins profondes, où quelques Protococcacées, parmi lesquelles des *Pediastrum*, végètent en grande abondance. Ensuite, deux rivières, l'Indre et le Cher, cette dernière importante, avec un plancton riche en nombreuses espèces de Chlorophyccées; en amont de Saint-Avertin, le barrage de l'usine hydraulique établit à la belle saison un régime de petit lac: courant très faible, profondeur allant jusqu'à 4 mètres. On y trouve en septembre surtout, *P. Boryanum*, *duplex*, *Tetras* et *simplex*. J'y ai récolté deux fois *P. biradiatum*.

Les étangs et les grandes mares ne manquent pas, mais sont en général peu profonds et, sauf l'étang du Louroux, peu étendus. Ils sont souvent mal aérés et les eaux sont riches en matières organiques.

On ne trouve ni en Anjou, ni en Touraine, de grands lacs, aux eaux claires, agitées et profondes, pas plus que de véritables tourbières; nous avons bien des formations marécageuses dans la large vallée commune de la Loire et du Cher, mais elles se dessèchent souvent l'été, au moins en partie, et je n'y ai jamais trouvé de formes de *Pediastrum* différentes de celles que la Loire et le Cher m'ont fournies.

Par rapport à leur distribution, dans la région que j'ai étudiée, on peut distinguer plusieurs groupes de *Pediastrum* :

1. — Espèces plus ou moins *ubiquistes* :

A. Espèces se rencontrant dans presque toutes les masses d'eau, même de faible importance: *P. Tetras*, *P. Boryanum*, *P. duplex*;

B. Espèce vivant dans toutes les masses d'eau importantes seulement : *P. simplex*.

Au point de vue des exigences de ces quatre espèces, les plus communes partout, concernant l'étendue en surface de la masse d'eau habitée, — ou, ce qui revient sensiblement au même, l'oxygénation et la minéralisation de l'eau —, je n'hésite pas à établir la graduation suivante :

P. Tetras, *P. Boryanum*, *P. duplex*, *P. simplex*

P. Tetras se rencontre jusque dans les plus petites mares et dans les fossés; c'est aussi la moins planctonique des quatre, caractère écologique en relation avec ses petites dimensions, le faible développement des appendices du pourtour et, peut-être aussi, avec son mode particulier de multiplication. *P. Boryanum*, avec son disque plein, est moins bien adapté à la vie pélagique que *P. duplex*, avec ses cénobes clathrés. C'est seulement dans les grands étangs qu'on rencontre des populations fournies de *P. simplex*; c'est aussi l'espèce qui, avec ses grandes lacunes, ses longues et fines pointes radiantes, présente, du moins dans la région pélagique de ces stations, l'adaptation la plus poussée au flottement.

2. — Espèces se rencontrant seulement
dans quelques stations isolées:

P. Kawraiskyi, *P. angulosum*, *P. biradiatum*

Ces trois espèces n'ont jamais été rencontrées jusqu'ici, en Anjou, que dans une unique station, l'Etang de Serrant, où elles sont accompagnées, d'ailleurs, des quatre premières. *P. angulosum* y est aussi abondant que *P. Boryanum* et *P. duplex*; les deux autres sont beaucoup moins abondantes.

P. angulosum et *P. biradiatum* ont une aire générale de distribution fort étendue: il est difficile d'expliquer leur cantonnement, limité à de très rares stations, autrement que par des exigences plus étroites concernant certaines propriétés chimiques de l'eau, qui seraient à préciser.

Le cas de *P. Kawraiskyi* me paraît encore plus mystérieux. A considérer sa distribution générale, dans l'Eurasie, autour de deux centres principaux, on serait tenté de croire à des difficultés spéciales de dissémination pour cette espèce; mais ces difficultés ne ressortent pas particulièrement du mode d'organisation des cénobes. Si l'on tient compte, par ailleurs, du fait que *P. Kawraiskyi* est l'espèce du genre qui supporte le mieux une salure modérée de l'eau et que les centres de distribution (région Baltique, Asie centrale) présentent souvent des eaux plus ou moins saumâtres, on pourrait croire que cette espèce préfère des milieux plus salés que ne le sont les eaux douces ordinaires. Ni l'une, ni l'autre de ces hypothèses n'expliquent sa présence à Serrant, à des centaines de kilomètres de la station baltique la plus rapprochée, dans une eau de minéralisation inférieure à la moyenne (voir plus loin, p. 162); à moins qu'on n'attribue à la teneur de l'eau en fer, abondant à Serrant, l'importance que lui a reconnue USPENSKI (251 bis) dans l'écologie des Algues: on expliquerait ainsi, en même temps, la présence à Serrant de trois espèces très rares et l'extraordinaire abondance des *Pediastrum*, tous présents à Serrant.

Si l'on considère la morphologie de ces trois espèces rares, *P. Kawraiskyi* présente une adaptation relativement faible à la vie planctonique: disque plein, contour des cénobes et étalement en surface souvent irréguliers, pointes à direction désordonnée, sans relation avec le plan du cénobe, membranes épaisses; à ce point de

vue, *P. Kaurraïskyi* se place à peine au-dessus de *P. Tetras*. La capacité de flottement de *P. angulosum* est du même ordre que celle de *P. Boryanum*: les pointes sont moins développées, mais la surface du cénobe est, en moyenne, plus grande. *P. biradiatum*, au contraire, avec son disque largement clathré et ses pointes bifides, prend rang entre *P. duplex* et *P. simplex*.

La huitième espèce du genre, *P. Braunii*, que je rappelle ici pour être complet, est une espèce arcto-alpine, dont la distribution géographique est en relation avec la température moyenne de l'eau. Sa capacité de flottement, en relation avec ses stations préférées, les tourbières de montagne, est des plus réduites: faible surface, irrégularité du plan d'étalement des cénobes, forte réduction des appendices marginaux; elle est à peine égale à celle de *P. Tetras*.

CHAPITRE TROISIEME

LIEUX DE MULTIPLICATION ET DE DEVELOPPEMENT
DES *PEDIASTRUM*

L'étude que je poursuis depuis cinq ans sur les *Pediastrum* m'a amené à les considérer comme des organismes planctoniques, c'est à dire vivant et se multipliant dans le plancton, mais pouvant aussi se développer à l'état benthique.

J'ai d'abord recherché les *Pediastrum* non seulement dans les récoltes de plancton faites au filet fin, mais aussi dans les matériaux provenant des fossés, des petits trous d'eau, des vases, du grattage des pierres et des feuilles immergées, des rochers humides.

L'expérience m'a montré que les pêches de plancton étaient de beaucoup les plus riches en *Pediastrum*, qu'elles en contenaient toujours, tandis qu'ils ne figuraient qu'exceptionnellement dans les matériaux de fond. Dans ce dernier type de stations, je n'ai trouvé en abondance que *P. Tetras* et *P. Boryanum*; *P. duplex* et *P. simplex* s'y sont montrés quelquefois en petite quantité; mais je n'y ai jamais rencontré *P. biradiatum*, *angulosum* et *Kawraiskyi*.

D'autre part, dans un grand étang, riche en *Pediastrum*, la pêche au filet fin donne des *Pediastrum* en quantité comparable à celle des organismes que tout le monde regarde comme planctoniques: *Asterionella*, *Melosira ambigua*, *Microcystis*, etc., sans compter les Crustacés, les Rotifères, tandis que les organismes franchement fixés et arrachés de leur support sont presque complètement absents: *Cymbella*, *Synedra*, etc. On peut récolter ces derniers sur les bords, avec les Algues filamenteuses; mais, dans ces récoltes, les *Pediastrum* manquent ou sont rares; si par hasard on en trouve en abondance relative, on a une forme différente des formes flottantes de la station.

En plus de ces faits, on peut invoquer, à l'appui de cette manière de voir, la forme et la constitution de la colonie: elle est étalée sur un plan, les cellules sont aplaties; celles du pourtour

portent des pointes, celles du disque laissent souvent entre elles des méats; dispositions qui constituent une adaptation au flottement.

On peut en dire autant de la multiplication asexuée: nous avons vu qu'elle était caractérisée par l'organisation de la jeune colonie hors de la cellule mère, dans l'intérieur d'une vésicule hyaline: ce mode de multiplication paraît adapté à la vie planctonique. La colonie fille n'alourdit pas la colonie mère par son développement dans l'intérieur d'une cellule. La vésicule hyaline, très légère, flotte naturellement et maintient en contact les zoospores; elle disparaît après la disposition sur un plan et la soudure de ces dernières, c'est à dire quand son rôle est terminé: à ce moment, la jeune colonie est formée, bien plane et capable de flotter.

Les *Pediastrum*, en fait, se multiplient abondamment dans la zone du plancton: je l'ai constaté pour *P. Boryanum*, *duplex*, *angulosum*. *P. Boryanum*, qui végète toute l'année dans le petit étang du Jardin botanique de Tours, devient prédominant tout-à-coup au printemps, fin avril ou début de mai. En 1929, j'ai assisté pour ainsi dire, à l'envahissement des couches supérieures de l'eau par les jeunes colonies: ayant trouvé, dans la pêche du 29 avril, un grand nombre de jeunes colonies, je fis des récoltes pendant 4 ou 5 jours de suite, de bonne heure le matin; j'examinais les récoltes aussitôt après le dépôt du plancton au fond du flacon: dans toutes les préparations, je trouvais des cénobes en voie de multiplication: certains portaient jusqu'à 8 ou 10 vésicules ou jeunes colonies déjà organisées. Une multiplication aussi rapide apparaissait donc bien comme la cause de la prédominance quasi subite de *P. Boryanum* dans le plancton.

Les *Pediastrum* se multiplient aussi à l'état benthique; mais, chez *P. Boryanum* et *P. duplex*, je n'ai observé, dans ce cas, que la multiplication par kystes. Au contraire *P. Tetras* paraît se multiplier activement sur les feuilles et les pierres immergées du bord. En août 1930, dans le petit étang du Jardin de Tours, j'ai recueilli, sur une feuille immergée, un enduit vert constitué par des *Scenedesmus*, *Coclastrum microporum* et une grande quantité de colonies très jeunes de *P. Tetras* avec, çà et là, quelques grosses colonies vides (fig. 100).

CHAPITRE QUATRIEME

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE
SUR LE DEVELOPPEMENT DES PEDIASTRUM

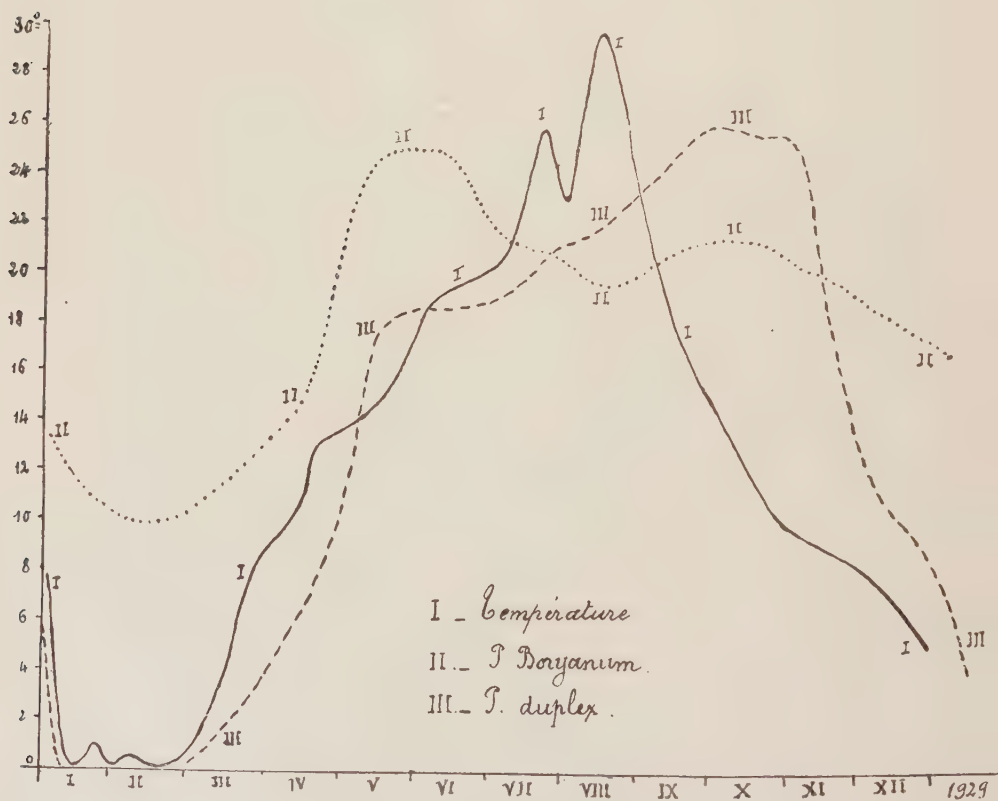
Le plus important des facteurs physiques ayant une influence sur la nature et le développement du plancton, c'est la température de l'eau. Dans l'étang du Jardin de Tours, la température, dans les couches supérieures de l'eau, a varié de 0° à 29°, au cours des années 1927, 1928, 1929, 1930 et 1931. De novembre à mars inclusivement, elle est ordinairement inférieure à 10°. En avril, elle dépasse 10°, mais se tient au-dessous de 20° jusqu'en juillet. Juillet et août forment la période des grandes chaleurs (28-29° en 1928 et 1929). En septembre et octobre la température varie de 20 à 10°. En résumé, on peut diviser l'année en quatre périodes: une période de basse température de novembre à mars; deux périodes de température moyenne: avril-juin et septembre-octobre, et une période de haute température: juillet-août.

Comme toutes les Chlorophycées planctoniques, les *Pediastrum* végètent surtout d'avril à novembre, c'est-à-dire quand la température de l'eau dépasse 10°, mais on peut trouver certaines espèces, *P. duplex*, *Boryanum*, *angulosum*, abondantes pendant l'hiver dans certaines stations, ce qui prouve que la température n'est pas le seul facteur qui règle les périodes de végétation de ces espèces; seulement on ne rencontre guère que des cénobes adultes, très peu de jeunes colonies: la multiplication végétative des *Pediastrum* est donc toujours nulle ou très peu active dans la zone du plancton pendant l'hiver.

Les observations que j'ai faites dans l'étang du Jardin botanique de Tours me permettent de donner quelques précisions en ce qui concerne *P. Boryanum*:

1° Pour que la multiplication devienne active, dans le plancton, il faut que la température de l'eau ne descende pas le matin au-dessous de 11-12°, l'optimum de température paraît être 14-15° et 12 est un minimum (courbe 5). Alors *P. Boryanum* devient prédominant en quelques jours.

2° Quand la température dépasse 20°, la multiplication se ralentit, les colonies grossissent et les granulations apparaissent sur les cellules: *P. Boryanum* devient moins abondant (courbe 5). 20° n'est pas un maximum mais un point critique, au-dessus duquel la végétation de l'algue se ralentit. A l'automne, quand la température se maintient de nouveau vers 15°, *P. Boryanum* végète activement dans certaines stations, particulièrement dans la Loire et le Cher (période des basses eaux) et repasse par un maximum dans l'étang du Jardin de Tours (courbe 5).



Courbe 5. — Variation saisonnières de *P. Boryanum* (II) et *P. duplex* (III); (I), courbe des températures.

P. duplex se comporte vis à vis de la température comme *P. Boryanum*. Dans l'étang du Jardin botanique de Tours, sa végétation au printemps est bien moins active, mais, à l'automne, il domine à peu près aux mêmes températures que *P. Boryanum* au printemps, de 22° à 10° (courbe 5).

CHAPITRE CINQUIEME

INFLUENCE DES MATIERES DISSOUTES DANS L'EAU
SUR LA PRESENCE ET LE DEVELOPPEMENT
DES PEDIASTRUM

On trouve, en Anjou et en Touraine, des formations d'eau douce, semblables par l'étendue, la profondeur, l'agitation et l'aération de la masse d'eau, mais abritant, à la belle saison, des planctons différents quant aux Chlorophycées prédominantes. Il y a des stations qui donnent des planctons à Desmidiées, d'autres des planctons à Protococcacées; dans les premières, prédominent les espèces des genres *Cosmarium*, *Staurastrum*, *Closterium*, *Arthrodesmus*, etc.; dans les secondes, les *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Coelastrum* sont particulièrement abondants.

J'ai cherché à savoir si la nature et la quantité des substances dissoutes n'avaient pas une influence sur la présence ou l'absence, sur la rareté ou l'abondance des *Pediastrum*, dans un milieu donné. Voici quelques observations sur ce sujet :

I. ETANG DE SERRANT

Cet étang est, dans l'état actuel de mes recherches, la station la plus riche en *Pediastrum* de toute la région: les sept espèces européennes des plaines s'y rencontrent: *P. Boryanum*, *angulosum*, *duplex*, *simplex*, *Tetras*, *biradiatum*, *Kawraiskyi*. Pendant toute l'année *angulosum*, *duplex* et *Boryanum* sont extrêmement abondants et nettement prédominants. *P. simplex* devient commun pendant la belle saison; *P. Tetras* est fréquent. En 1929, *P. biradiatum* et *Kawraiskyi* ont été communs; *P. Kawraiskyi* se montra de nouveau abondant en avril 1931. Le genre *Coelastrum* est représenté par une espèce extrêmement abondante et peu connue ailleurs dans la région, le *Coelastrum reticulatum* (Dang.) Senn. Les Desmidiées sont beaucoup plus rares.

Voici les résultats de l'analyse de l'eau de l'étang: Prélèvement: 17 juin 1930, crue, $pH = 7,4$.

I. Hydrotimétrie :

Degré hydrotimétrique total.....		8
« « permanent		7
« « après ébullition et précipitation de Ca par l'oxalate d'ammonium		1
« « après élimination de Ca par l'oxalate		1

II. Eléments minéraux :

résidu sec.....	par litre	260 mg
perte au rouge.....	—	145 mg
résidu à la calcination.....	—	115 mg
CO ² libre.....	—	traces
CO ³ Ca	—	10 mg
Si O ²	—	2 mg 51
Fe	—	2 mg 98
Al ² O ³	—	traces
Ca (total en CaO).....	—	27 mg 2
Mg (total en MgO).....	—	8 mg 2
Bases alcalines	—	10 mg 6
Sulfates en SO ³	—	19 mg 27
P (acide phosphorique).....	—	traces
Chlorures (en NaCl).....	—	54 mg 75

III. Azote et matières organiques :

Matières organiques en oxygène (de MNO ⁴ K)	par litre	9 mg 60
Matières organiques en acide oxalique.....	—	70 mg
Azote ammoniacal.....	—	0 mg 21
Azote albuminoïde.....	—	0 mg 62
Azote nitreux.....	—	traces
Azote nitrique.....	—	néant

IV. Examen du sédiment :

Au bout de quelques jours, l'eau filtrée a laissé un dépôt léger, peu abondant, ocreux. Calciné avec NO^3H et repris par HCl à 10 %, ce dépôt donne un soluté qui, concentré, donne les réactions des sels ferriques.

Conclusions :

1° Eau très faiblement minéralisée, renfermant un *gros excédent* de matières organiques, avec des taux élevés d'ammoniaque et d'azote albuminoïde.

2° Ce sont peut être les sels ammoniacaux et les matières albuminoïdes qui communiquent à l'eau un pH (7,4) légèrement alcalin; en effet, les proportions relatives des principaux constituants minéraux indiquent un pH acide : teneur élevée en HCl , moyenne en NaOH , très faible en CaO et MgO .

3° Il faut aussi signaler la faible proportion de CO^3Ca et de CO^2 , libre et combiné : le degré hydrotimétrique permanent est sensiblement égal au degré hydrotimétrique total.

4° Présence du fer en léger excès : eau *légèrement ferrugineuse*. L'eau filtrée, acidulée, concentrée, ne donne pas les *réactions des sels ferriques* (ferrocyan.K ou sulfocyan. NH^4); pour déceler ce fer et le doser, il faut évaporer à sec, calciner avec NO^3H pour détruire la matière organique, et reprendre par HCl étendu; la liqueur obtenue donne alors les réactions des sels ferriques. Le fer est donc fixé sur les matières organiques et non à l'état de sel minéral.

L'eau *filtrée* est légèrement jaunâtre; au bout de deux ou trois jours, elle abandonne dans les bouteilles un dépôt léger ocreux: ce dépôt contient la majeure partie du fer.

Si l'on veut, d'après ces résultats, classer l'eau de l'étang, suivant NAUMANN (161), on remarquera que par le gaz carbonique elle se place dans les eaux oligotrophes; par la chaux et le pH , dans les eaux mésotrophes; par les matières organiques, dans les eaux polytrophes.

D'autre part, on sait que les eaux de source contiennent toujours une quantité plus ou moins forte de calcaire précipitable à l'ébullition: les eaux de la Loire, du Cher, de l'étang du Jardin botanique de Tours se comportent, sous ce rapport, comme les eaux de source; au contraire, l'eau de l'étang de Serrant ne contient

pas de calcaire précipitable à l'ébullition. Sa faible minéralisation et sa richesse en matières organiques la rapprochent des eaux d'origine externe, provenant du sol par *ruissellement*.

II. PETIT ETANG DU JARDIN BOTANIQUE DE TOURS

Cette station m'a fourni cinq espèces du genre *Pediastrum* : *Boryanum*, *duplex*, *Tetras*, *simplex*, *biradiatum*. La première est prédominante en mai et juin; la deuxième, commune à la belle saison; la troisième, rare mais constante; les deux dernières, rares et très inconstantes. *Scenedesmus quadricauda* est toujours fort abondant et *Coclastrum microporum* quelquefois dominant à la belle saison. Les Desmidiées sont très mal représentées: on ne trouve que quelques espèces des genres *Staurastrum*, *Closterium*, *Cosmarium*, toujours rares. Voici les résultats de l'analyse de l'eau:

Prélèvement: 30 décembre 1929, $pH = 7,5$.

I. Hydrotimétrie :

Degré hydrotimétrique total.....	17
« « permanent	6
« « après ébullition et élimination de Ca par l'oxalate d'ammo- nium	3
« « après précipitation de Ca par l'oxalate	7

II. Eléments minéraux :

résidu sec.....	par litre	270 mg
perte au rouge.....	—	90 mg
résidu à la calcination.....	—	180 mg
CO ²	—	14 mg
CO ³ Ca	—	90 mg
Fe	—	1 mg
Si O ²	—	traces
Ca (total en CaO).....	—	46 mg
Mg (total en MgO).....	—	36 mg
Bases alcalines en NaOH.....	—	18 mg
Sulfates en SO ³	—	19 mg
Chlorures en NaCl.....	—	36 mg 5
P (acide phosphorique).....	—	traces

III. Azote et matières organiques :

Matières organiques en O de MnO^4K	—	4 mg 7
Matières organiques en acide oxalique.....	—	40 mg
Nitrates	—	traces
Nitrites	—	traces
Ammoniaque	par litre	traces

Conclusions :

1° Cette eau est plus minéralisée que celle de Serrant.

2° Elle contient surtout une forte partie de la chaux et de la magnésie à l'état de carbonates, dissociables par ébullition.

3° Elle est moins riche en matières organiques dissoutes.

La station donne beaucoup moins de *Pediastrum* que celle de Serrant. L'eau contient plus de Ca, sans toutefois appartenir aux eaux calcaires.

Quelles relations y a-t-il entre la composition spéciale de l'eau de l'étang de Serrant et la grande quantité de *Pediastrum* qui y vivent ? La présence, en abondance, des espèces peu répandues, comme *P. angulosum*, *biradiatum* et surtout *Kawraiskyi*, tient-elle aux éléments chimiques de l'eau, à leurs proportions respectives ?

L'analyse suivante, comparée à celle de l'eau de l'étang de Serrant, montre, je crois, le rôle de l'élément minéral relativement à la présence, dans une station, des espèces rares du genre *Pediastrum* et à l'abondance des autres. L'eau provient de l'étang de Chevigné, voisin de l'étang de Serrant et semblable à lui par la profondeur et l'étendue de la masse d'eau. A Chevigné ne végètent que *P. Boryanum*, *duplex*, généralement abondants, et *P. simplex*, *Tetras*, plus ou moins rares. *P. Kawraiskyi*, *angulosum*, *biradiatum*, si communs à Serrant, ne s'y sont jamais montrés.

ETANG DE CHEVIGNE (M.-et-L.)

30 juin 1932; $pH = 7,5$

I. Hydrotimétrie :

Degré hydrotimétrique total.....	16
« « permanent	9
« « après élimination de Ca par l'oxalate d'ammoniaque	8

« « après ébullition et précipitation de Ca par l'oxalate d'ammoniaque

5

II. *Éléments minéraux :*

résidu sec.....	par litre	250 mg
perte au rouge.....	—	100 mg
résidu fixe	—	150 mg
CO ²	—	15 mg
CO ³ Ca	—	70 mg
SO ⁴ Ca	—	14 mg
MgO	—	46 mg
Fe	—	traces
Si O ²	—	9 mg
Chlorures (en NaCl).....	—	58 mg

III. *Azote et matières organiques :*

Matières organiques en oxygène (de MNO ⁴ K)	—	
(milieu acide)	—	9 mg
Azote ammoniacal.....	—	0 mg 16
Azote albuminoïde.....	—	0 mg 60
Azote nitreux.....	—	traces
Azote nitrique.....	—	néant

Les eaux des deux étangs (SERRANT et CHEVIGNÉ) ont sensiblement même teneur en matières organiques, en azote ammoniacal, albuminoïde, nitreux et nitrique, ce qui permet une comparaison instructive des éléments minéraux :

	<i>Chevigné</i>	<i>Serrant</i>
CO ²	15 mg	Non dosable
CO ³ Ca	70 mg	10 mg
MgO	46 mg	6 mg 2
Fe	traces	2 mg 9

A Serrant, l'eau est très pauvre en CO², CO³Ca, MgO, mais légèrement ferrugineuse; à Chevigné, la teneur de l'eau en CO², CO³Ca, MgO est moyenne, mais l'eau est pauvre en fer. La première paraît convenir particulièrement aux *Pediastrum*.

Cela ressort aussi d'un travail de VAN OYE (171) sur la biologie et l'écologie du phytoplancton d'un lac tropical, le lac Gedeh, à Java. La superficie du lac est de 28 hectares. Les eaux, pauvres en matières organiques dissoutes, sont assez minéralisées et surtout riches en silice, Ca et Mg, comme le montrent les chiffres ci-dessous :

Matières organiques en oxygène de MnO^4K .	—	4 mg 4
Cl	—	9 mg
NO^2	—	absent
NO^3	—	absent
NH^3	—	absent
SiO^2	—	23 mg
Fe	—	3 mg
CaO	—	34 mg
MgO	—	19 mg

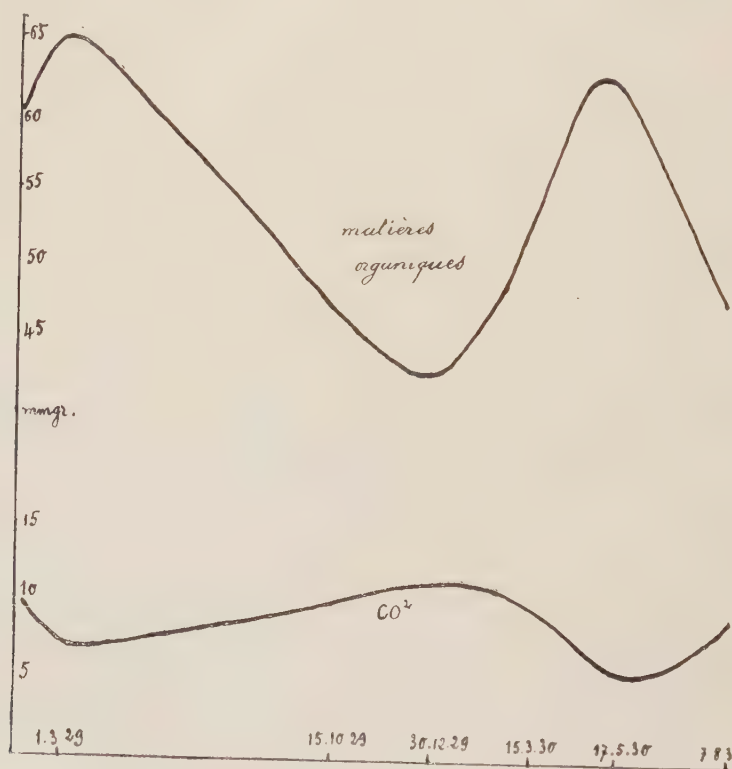
Cette eau s'oppose à celle de Serrant par sa richesse en SiO^2 , CaO et MgO. Or VAN OYE, au cours d'une année d'études sur le plancton de cette station, n'y a jamais trouvé aucun *Pediastrum*. D'autre part, dans les étangs calcaires du Nord d'Angers (Etang du Malaguet) ou de Saumur (Etang du Bellai), où le *pH* atteint 8, les Pédiastrées cèdent le pas aux Desmidiées.

De plus, j'ai cherché à savoir si, dans l'étang du Jardin botanique de Tours, où tous les ans on constate, fin avril début mai, une intensité maxima très nette de la multiplication du *P. Boryanum* (phénomène qui, nous l'avons vu, est sous la dépendance de la température), on pouvait trouver, par des analyses de l'eau, soit une augmentation de la teneur de l'eau en sels nutritifs, soit une variation dans la concentration de certains éléments.

En effet, d'après les expériences de cultures de divers auteurs, et aussi d'après les observations que j'ai pu faire sur mes cultures, l'accélération du rythme dans la période de multiplication peut être obtenue par l'addition de certains éléments nutritifs, nitrate de potasse, phosphate monoacide d'ammoniaque, nitrate d'ammoniaque, perchlorure de fer, dans la proportion de 0 gr. 05 0/00, ou même par simple concentration légère du milieu par évaporation spontanée. En est-il de même dans les milieux naturels ?

Je ne le crois pas. En 1929 et 1930, j'ai fait plusieurs analyses de l'eau de l'étang du Jardin botanique de Tours : l'élément minéral n'a pour ainsi dire pas varié ni en quantité (il s'est toujours main-

tenu aux environs de 170 mg par litre), ni en qualité; en particulier, je n'ai jamais pu déceler la moindre augmentation de l'azote nitrique, de l'azote nitreux ou de l'azote ammoniacal pendant la belle saison, ni au moment de la plus grande intensité dans la multiplication végétative du *P. Boryanum*. Ces éléments restent toujours à l'état de traces, difficiles à doser exactement (qq. milligrammes au plus par litre).



Courbe 6. — Variations de la teneur en CO₂ et en matières organiques, dans l'étang du Jardin botanique de Tours (1-III-19 - 7-VIII-30).

Cependant, j'ai pu observer, au cours d'une année, des variations dans la concentration de deux éléments, les matières organiques et le gaz carbonique (libre et des bicarbonates, c'est à dire CO₂, chassé par ébullition et directement précipitable par l'eau de baryte). Les matières organiques passent par un maximum au printemps, au moment où CO₂ libre passe par un minimum, comme on

peut s'en rendre compte en comparant l'analyse suivante avec la précédente, p. 00 (eau prélevée le 30 décembre 1929), et en examinant les courbes 6, qui montrent les variations de CO^2 et des matières organiques en fonction du temps.

Etang du Jardin botanique de Tours. Eau prélevée le 1^{er} mai 1929.

$$pH = 7,4$$

$$t = 14^{\circ}$$

Matières organiques en oxygène.....	par litre	7 mg 7
Matières organiques en acide oxalique.....	—	65 mg
CO^2	—	8 mg
Degré hydrotimétrique total.....		15
« « permanent		6

On peut se demander d'abord s'il y a une relation de cause à effet entre l'augmentation des matières organiques et la diminution de CO^2 : je suis tenté de le croire. En effet, l'augmentation des matières organiques commence avec la prédominance du plancton animal, qui a lieu, dans la station, à la fin de l'hiver ou au début du printemps (mars) et qui est caractérisée par d'énormes quantités de *Bosmina longirostris*; les matières de déchet des animaux sont des matières azotées basiques, qui donnent d'ailleurs rapidement de l'ammoniaque par l'action des bactéries. On peut donc penser qu'une partie de ces matières neutralisent CO^2 en excès dans l'eau.

Il reste à savoir s'il y a autre chose qu'une simple coïncidence entre le maximum des matières organiques et le minimum de CO^2 , d'une part, et le maximum du développement du *P. Boryanum*, d'autre part. On a vu plus haut, par l'examen de l'eau de l'étang de Serrant, station d'une exceptionnelle richesse en *Pediastrum*, que les *Pediastrum* préfèrent les eaux peu minéralisées, peu riches en carbonates et en CO^2 , et d'une certaine teneur en matières organiques; ce qui amène à faire la remarque que le maximum du développement de *P. Boryanum*, dans l'étang du Jardin de Tours, se produit au moment où la composition de l'eau se rapproche le plus de celle de Serrant. (Augmentation des matières organiques, diminution de CO^2 et aussi du degré hydrotimétrique). On peut donc penser que des recherches ultérieures amèneront à considérer

les *matières organiques* et le *gaz carbonique* comme des facteurs chimiques ayant une *action favorable ou défavorable* sur le développement et la multiplication des *Pediastrum*, suivant leur concentration; l'optimum des matières organiques doit être relativement élevé, sans doute voisin de 8 mmg d'oxygène de MnO^4K par litre; mais celui de CO^2 libre ou combiné doit être faible.

RESUME GENERAL ET CONCLUSIONS

I. Dans le genre *Pediastrum*, les caractères morphologiques utilisés par les Algologues pour découper les espèces en variétés ou formes, même pour délimiter certaines espèces, ne sont ni constants, ni héréditaires. La dimension des lacunes chez les types clathrés, le rayon de courbure et la profondeur de l'échancrure de la cellule marginale, la longueur et l'épaisseur des pointes, le nombre et la disposition des cellules dans le cénobe, certains ornements de la membrane, etc., ne sont que des caractères individuels, qui varient largement sous l'influence de divers facteurs.

Parmi ces *facteurs de variations* individuelles, deux sont importants: l'âge et le mode de vie, pélagique ou benthique.

L'âge arrondit les formes, fait gonfler les cellules, réduit les lacunes et les échancrures, épaissit les membranes, fait apparaître des granulations, des plis, etc.

La *vie pélagique*, en relation avec une plus grande capacité de flottement, accroît l'extension en surface, en augmentant les lacunes, la longueur des pointes, etc.; tandis que la vie benthique agit en sens inverse, jusqu'à détruire l'ordonnance caractéristique des *Pediastrum* et transformer la colonie plane en colonie plus ou moins globuleuse.

Quand l'âge et le mode de vie agissent dans le même sens, l'espèce peut en devenir méconnaissable. Les vieux cénobes benthiques prennent alors l'aspect de colonies de kystes, à cellules arrondies, à pointes fort réduites ou nulles, à paroi épaisse, qui ont été considérées comme des espèces particulières, telles que *P. muticum*, *P. integrum*.

Parmi les autres facteurs de variations interviennent encore :

la *température*: à son degré optimum, elle favorise la croissance et la multiplication végétative et, en précipitant les étapes du développement, réduit au minimum les caractères de vieillesse;

les *modifications chimiques du milieu*: concentration, dilution des corps dissous en général et d'un élément en particulier; les for-

mes célastroïdes semblent dépendre, du moins en partie, d'un facteur de cet ordre;

la *taille de la cellule mère*, au moment de la reproduction: elle est en relation directe avec le nombre de zoospores qui en proviennent, par conséquent avec le nombre de cellules que renferme le cénobe fils: des cénobes à 16 cellules peuvent ainsi provenir de cénobes à 32 cellules, et inversement;

le *hasard*, inévitable, semble-t-il, dans le groupement des zoospores, passant de l'agitation en masse globuleuse au repos dans un plan: un cénobe du type *radians*, à une seule couronne de cellules, peut naître ainsi d'un cénobe à deux séries concentriques de cellules;

l'*accident banal*, qui déforme, mutile un cénobe, lui enlevant, par exemple, sa couronne de cellules marginales caractéristiques...

La meilleure des preuves à fournir, pour démontrer que ces variations sont individuelles et non héréditaires, c'est de saisir sur le vif, côte à côte, une colonie mère et ses colonies filles, non encore essaimées: on peut alors se convaincre que, pour satisfaire à la systématique des flores, la mère et la fille devraient être souvent classées dans des variétés, parfois même dans des espèces, différentes. J'ai été assez heureux pour pouvoir fournir cette preuve dans de nombreux cas. On voit ainsi *P. integrum* donner naissance à des *Boryanum* typiques, *P. simplex* typique à la prétendue variété *radians*.

Par ailleurs, des renseignements précieux sont fournis par les cultures au Laboratoire. On voit ainsi apparaître des modifications plus ou moins profondes, dues à la fois au passage de la vie pélagique à la vie benthique et aux modifications chimiques du milieu: formes célastroïdes, formes *integrum*, *glanduliferum*...

La comparaison de la même espèce dans des milieux écologiques différents, grands étangs à eau plus agitée, petits étangs à eau tranquille, dépôts sur la boue du fond, les plantes et les pierres submergées, permet d'apprécier l'influence de l'agitation de l'eau. Le résultat de nombreuses observations peut être confirmé par l'expérimentation.

C'est dans la vie pélagique que les *Pediastrum* atteignent les caractères les plus accentués de leurs formes, spécialement adaptées au flottement. Dans le même milieu planctonique, les variations de l'espèce se réduisent aux modifications dues aux divers stades du

développement : on peut ainsi suivre l'influence de l'âge, indiqué, en général, par la dimension des cellules. L'accentuation des caractères, dans la vie pélagique, donne en même temps les meilleures occasions de comparer les caractères des diverses espèces qui vivent ensemble. Les observations de ce genre permettent de constater que, dans la même station et les mêmes conditions de pêche, 1° une espèce donnée se reconnaît aisément dans l'ensemble de ses colonies, 2° deux espèces différentes se distinguent aisément à première vue. Un bon nombre d'erreurs et d'obscurités, contenues dans la littérature algologique, auraient été évitées, si les auteurs, trop préoccupés de tout signaler, de tout décrire et de tout nommer, avaient négligé les formes isolées, d'une origine écologique quelconque, et appuyé leur systématique sur l'observation de populations denses et homogènes de la zone pélagique.

Je crois avoir ainsi montré que plusieurs espèces, telles que *P. ovatum* (Ehr.) Braun, *P. Sturmii* Reinsch, *P. muticum* Ktz., *P. integrum* Naeg., que les nombreuses variétés, telles que *clathratum*, *gracillimum*, *longicorne*, *granulatum*, *araneosum*, *radians*... ne représentent que des formes individuelles, correspondant soit à des stades de développement, soit à des conditions écologiques variées. Elles n'ont donc pas de valeur systématique et elles devraient disparaître, du moins comme espèces ou variétés, des flores algologiques.

Je n'ai pas la prétention d'avoir trouvé, pour chacune des variations, l'explication biologique indiscutable, c'est-à-dire le facteur, interne ou externe, cause de la variation. De même, je dois reconnaître que, dans le grand nombre de variétés et de formes décrites par les auteurs, plusieurs ne se sont pas rencontrées dans mes pêches ou mes cultures. Appuyé sur mes observations concernant les variétés les plus communes, et même les variétés les plus éloignées du type moyen de l'espèce, je me crois autorisé à ne pas donner à ces variations non observées plus d'importance qu'aux autres et à les attribuer simplement à l'espèce.

Cette première partie de mon travail, de beaucoup la plus importante, correspond au but essentiel de mes recherches : éclairer la systématique des *Pediastrum* par leur étude biologique.

II. La seconde partie n'en est que la conséquence directe. La systématique des *Pediastrum* d'Europe se trouve ainsi réduite à 8 espèces :

- P. simplex* Meyen
- P. Kawraiskyi* Schmidle
- P. duplex* Meyen
- P. biradiatum* Meyen
- P. Boryanum* (Turpin) Meneghini
- P. angulosum* (Ehrenberg) Meneghini
- P. Tetras* (Ehrenberg) Ralfs
- P. Braunii* Wartmann

J'ai donné, à propos de chacune de ces espèces, les noms des autres espèces et des variétés, qui s'y rapportent comme de simples formes. J'y ai ajouté quelques notes de morphologie et d'histoire, pouvant éclairer la systématique de l'espèce.

III. Dans le courant de ces recherches, j'ai eu l'occasion d'observer, à plusieurs reprises, les phénomènes de la *reproduction asexuée*; j'ai groupé ces observations dans la troisième partie. J'ai pu assister à la formation de jeunes colonies, à partir de cellules ordinaires, chez toutes les espèces européennes, sauf chez *P. Braunii*, que je n'ai pu étudier vivant. J'ai assisté également à la sporulation de kystes, appartenant à diverses espèces. Ce dernier cas diffère du premier en deux points principaux: la vésicule renfermant les zoospores est souvent mise en liberté par gélification de la membrane du kyste; dans la vésicule, les zoospores se groupent d'ordinaire en 2 ou 4 cénobes.

Je n'ai jamais eu l'occasion d'observer la reproduction sexuée.

IV. Dans la quatrième partie, j'ai donné la *distribution géographique* des espèces de *Pediastrum*. En me basant sur mes pêches régionales et sur l'analyse détaillée de l'eau de quelques étangs, riches en *Pediastrum*, j'ai essayé d'établir quelques *particularités écologiques* du genre.

Que mon Maître, M. BIORET, — que je suis heureux de remercier encore en terminant —, me permette de lui emprunter la conclusion qu'il a donnée à son étude sur les Graphidées corticoles :

« Chez les plantes aussi simples, on peut reconnaître la double influence dont dépend la morphologie de l'être vivant: l'hérédité, marquée par certains caractères spécifiques, reconnaissables sous les variations individuelles, et l'adaptation du milieu, principale

source de variations. Le caractère héréditaire est surtout visible dans l'appareil reproducteur; mais on peut tout de même le retrouver dans l'appareil végétatif, plus plastique: c'est celui-ci surtout qui subit les modifications dues au milieu, modifications d'autant plus profondes que cet appareil est plus simple ».

*Laboratoire de Botanique
de l'Université Catholique d'Angers,*

Novembre 1932.

E. BIGEARD.

BIBLIOGRAPHIE

(Ouvrages consultés)

1. ABSHAGEN G. — Das Phytoplankton des Greifswalder Boddens. — *Inaug. Diss. Greifswald*, 1908.
2. ALLORGE P. — Les associations végétales du Vexin français. — *Rev. gén. Bot.* 33, 34; 1921, 1922.
- 2 ALLORGE V. et P. — Hétérocontes, Euchlorophycées et Conjuguées de Galice. — *Rev. algol.*, 5, 1930.
4. ALLORGE P. et DENIS M. — Remarques sur la distribution des Algues dans la Haute-Maurienne. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 67, 1920.
5. ALLORGE P. et DENIS M. — Une excursion phytosociologique aux Lacs de Biscarosse (Landes). — *Ibid.*, 70, 1923.
6. ARCHER W. — Contribution to the Botany of H. M. S. Challenger. xxxiv: Note on the Freshwater Algae collected by H. N. Moseley in Kerguelen's Land. — *Journ. Linn. Soc., Bot.*, 15, 1877.
7. ARCHER W. — Notes of some Collections made from Furnas Lake, Azores, containing Algae and a few others Organisms. — *Ibid.*, 14, 1875.
8. ASKENASY E. — Ueber die Entwicklung von *Pediastrum*. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 6, 1888.
9. BACHMANN H. — Das Phytoplankton des Süßwassers, mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstättersees. — *Iena*, 1911.
10. BACHMANN H. — Beiträge zur Algenflora des Süßwassers von Westgrönland. — *Mitt. Naturf. Ges. Luzern*, 8, 1921.
11. BACHMANN H. — Das Phytoplankton der Pioraseen nebst einigen Beiträgen zur Kenntnis des Phytoplanktons schweizerischer Alpengseen. — *Zeitschr. f. Hydrol.*, 4, 1928.
12. BALSAMO F. — Sulla Storia naturale delle Alge d'Acqua dolce del Comune di Napoli. — *Atti R. Acad. Sc. Fis. Mat. Napoli, ser. 2, vol. 1*, 1885.
13. BENNETT A. W. — Freshwater Algae of the English Lake District. — *J. R. Micr. Soc.*, 1886.
14. BENNETT A. W. — Freshwater Algae of North Cornwall. — *Ibid.*, 1887.
15. BENNETT A. W. — Freshwater Algae and Cyanophyceae of Southwest Surrey. — *Ibid.* 1892.
16. BENNIN E. — Das Plankton der Warthe in den Jahren 1920-1924. — *Arch. f. Hydrob.* 17, 1926.
17. BERNARD C. — Protococcacées et Desmidiées d'eau douce récoltées à Java. — *Dép. Agr. Ind., Néerl.*, 1908.

18. BETHGE H. — Einige Fälle von Massenentwicklung bei Diatomeen. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 48, 1930.
19. BIGEARD E. — Contribution à l'étude du *Pediastrum Kawraiskyi* Schmidle. — *Ann. Soc. Agr. Sc. Arts et Coll. Lct. Dép. Indre-et-Loire*, 110, 1930; *Trav. Lab. Bot. Univ. Cath. Angers*, 3, 1931.
20. BIGEARD E. — Les *Pediastrum* de France. — *C. R.*, 193, 1931.
21. BIORET G. — Le Plancton de l'Étang Saint-Nicolas. — *Bull. Soc. Et. Sc. Angers*, 55, (1925), 1926; *Trav. Lab. Bot. Univ. Cath. Angers*, 1, 1926.
22. BOHLIN K. — Die Algen der ersten Regnell'schen Expedition. I : Protococcoideen. — *Bih. t. K. Sv. Vet.* — *Akad. Handl.*, 23, 1897.
23. BOHLIN K. — Etude sur la flore algologique d'eau douce des Açores. — *Ibid.*, 27, 1901.
24. BOLOCHONZEV E. — Beobachtungen über das Phytoplankton der Wolga im Sommer des Jahres 1902. — *Jahrb. Wolga Biol. Stat.*, 1903.
25. BORGE O. — Chlorophyllophyceer fran Norska Finmarker. — *Bih. t. K. Sv. Vet.* — *Akad. Handl.*, 17, 1892.
26. BORGE O. — Süßwasser-Chlorophyceen gesammelt von Dr A. Osw. Kihlman in Nordlichsten Russland, Gouvernement Archangel. — *Ibid.*, 19, 1894.
27. BORGE O. — Ueber subfossile Süßwasseralgen aus Gotland. — *Bot. Centr.*, 63, 1895.
28. BORGE O. — Australische Süßwasser-Chlorophyceen. — *Bih. t. K. Sv. Vet.* — *Akad. Handl.*, 22, 1896.
29. BORGE O. — Süßwasseralgen von Franz Josefs Land. — *Ofv. K. Sv. Vet.* — *Akad. Förh.*, n° 7, 1899.
30. BORGE O. — Ueber tropische und subtropische Süßwasser-Chlorophyceen. — *Bih. t. K. Sv. Vet.* — *Akad. Handl.*, 24, 1899.
31. BORGE O. — Süßwasseralgen aus Süd-Patagonien. — *Ibid.*, 27, 1901.
32. BORGE O. Beiträge zur Algenflora von Schweden. — *Ark. f. Bot.*, 6, 1906.
33. BORGE O. — Algen aus Argentina und Bolivia. — *Ibid.*, 6, 1906.
34. BORGE O. — Nordamerikanische Süßwasseralgen. — *Ibid.*, 8, 1909.
35. BORGE O. — Die Süßwasseralgenflora Spitzbergens. — *Vidensk. Skr. Mat. Naturv. Kl.*, n° 11, 1911.
36. BORGE O. — Die von Dr A. Löfgren in São-Paulo gesammelten Süßwasseralgen. — *Ark. f. Bot.*, 15, 1918.
37. BORGE O. — Die Algenflora des Täkernesees. — *Sjön Täkerns Fauna och Flora*, 4, 1921.
38. BORGE O. — Beiträge zur Algenflora von Schweden, III. — *Ark. f. Bot.*, 18, 1923.
39. BORGE O. — Die von Dr F. C. Hoene während der Expedition Roosevelt-Rondon gesammelten Süßwasseralgen. — *Ibid.*, 19, 1925.
40. BORGE O. — Zellpflanzen Ostafrikas gesammelt auf der Akademischen Studienfahrt, 1916. — *Hedwigia*, 58, 1928.
41. BORGE O. — Beiträge zur Algenflora von Schweden, 4 : Die Algenflora am Grövelsee. — *Ark. f. Bot.*, 23, 1930.
42. BORGESSEN F. — Freshwater Algae. *Botany of the Faeroës*, I, 1901.
43. BORGENSEN F. and OSTENFELD C. H. — *Phytoplankton of Lakes in the Faeroës*. — *Ibid.*, II, 1903.

44. BRAUN A. — Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. — *Leipzig*, 1851.
45. BRAUN A. — Algarum unicellularium genera nova et minus cognita. — *Leipzig*, 1855.
46. BREBISSE (de) et GODEY. — Algues des environs de Falaise. — *Mém. Soc. Acad. Falaise*, (1835) 1836.
47. BREBISSE A. (de). — Liste des Desmidiées observées en Basse-Normandie. — *Mém. Soc. Imp. Sc. Nat. Cherbourg*, 4, 1856.
48. BRUHL P. and BIWAS K. — Algæ of the Loktak Lake. — *Mém. Asiat. Soc. Bengal.*, 8, 1926.
49. BRUNNTHALER J. — Phytoplankton aus Kleinasien. — *Sitz. K. Akad. Wiss. Wien*, 112, 1903.
50. BRUNNTHALER J. — Protococcales. — *PASCHER : Süßwasser-Flora Deutschlands*, H. 5, 1915.
51. BRUTSCHY A. — Die Algenflora des Val Piora. — *Zeitschr. f. Hydrol.*, 5, 1929.
52. CARLSON G. — Süßwasseralgen aus der Antarktis, Süd-Georgien und den Falkland Inseln. — *Wiss. Ergbn. Schwed. Süd-Pol. Exped.*, Bd 4, 1913.
53. CARTER Nellie. — A systematic account of the Plants collected in New Caledonia and the Isle of Pines by M. Compton in 1914. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 46, 1922.
- 53 bis. — CEDERCREUTZ C. — Süßwasseralgen aus Petsamo I, II. — *Memor. Soc. F. et Fl. Fenn.*, 5, 1929; 7, 1932.
54. CHODAT A. — Etudes de Biologie lacustre : Nouvelles remarques sur la flore pélagique superficielle des lacs suisses et français. — *Bull. Herb. Boiss.*, 6, 1898.
55. CHODAT R. — Algues vertes de la Suisse. — *Matér. pour la Fl. Crypt. Suisse*, I, 3, 1902.
56. CHODAT R. — Matériaux pour l'histoire des Algues de la Suisse, VI : *Pediastrum tricornutum* Borge, étude critique. — *Bull. Soc. Bot. Genève*, 1922.
57. CHODAT et HUBER J. — Développement des *Pediastrum*. Remarques sur le système des Algues vertes inférieures. — *Arch. Sc. Phys. Nat. Genève*, 31, 1894.
58. CHODAT R. et HUBER J. — Recherches expérimentales sur le *Pediastrum Boryanum*. — *Ibidem* et *Bull. Soc. Bot. Suisse*, 5, (1894), 1895.
59. CILLEULS J. (des). — Le Phytoplankton de la Loire et de ses affluents dans la région saumuroise. — *Intern. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrogr.*, 20-21, 1928-1929; *Trav. Lab. Bot. Univ. Cath. Angers*, 2, 1928.
60. CLEVE P. T. — Diatomaceæ fran Spetsbergen. — *Ofv. K. Sv. Vet. — Akad. Förh.*, 10, 1867.
61. COMÈRE J. — Addition à la Flore des Algues d'eau douce du pays Toulousain et des Pyrénées centrales. — *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 56, 1927.
62. CORDA A. — Observations sur les animalcules microscopiques qu'on trouve auprès des eaux thermales de Carlsbad. — *Alman. de Carlsbad*, 5 ann., 1835.

63. CORDA A. — Observations sur les Euastrées et les Cosmariées. — *Ibid.*, 9, 1839.
64. COOKE M. — British Fresh-Water Algæ. — 1882-1884.
65. COZETTE P. — Catalogue des Algues terrestres et d'eau douce du Nord de la France. — *C. R. Congr. Soc. Sav. Paris*, (1903) 1904.
66. DALLA TORRE (K.-W. von) und SARNTHEIM (L. Gr. von). — Die Algen von Tirol, Voralberg und Lichtenstein. — *Innsbruck*, 1901.
67. DANGEARD P.-A. — Mémoire sur les Algues. — *Le Botaniste*, 1, 1889.
68. DEBRAY F. — Catalogue des Algues. — *BATTANDIER et TRABUT : Flore de l'Algérie*, 1896-1897.
69. DEFLANDRE C. — Contribution à la flore algologique de la Haute-Savoie. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 70, 1923.
70. DEFLANDRE G. — Additions à la flore algologique des environs de Paris. — *Ibid.*, 71, 1923; 72, 1925.
71. DEFLANDRE G. — Note sur la flore algologique de deux localités alpines. — *Ibid.*, 72, 1925.
72. DEFLANDRE G. — Contributions à la flore algologique de France : Confolentais. — *Ibid.*, 73, 1926. — (a) II-IV. *Ibid.*, 75, 1928.
73. DEFLANDRE G. — Contribution à l'étude des Algues des eaux douces du Vénézuéla. — *Rev. algol.*, 3, 1928.
74. DENIS M. — Observations algologiques dans les Hautes-Pyrénées. — *Ibid.*, 1, 1925.
75. DENIS M. — Contribution à la flore algologique d'Auvergne I. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 72, 1925.
76. DENIS M. — Essai sur la végétation des mares de la forêt de Fontainebleau. — *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10^e sér., 7, 1925.
77. DENIS M. — Contribution à la flore algologique d'Auvergne. II. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 73, 1926.
78. DOROGOSTAISKY V. — Matériaux pour servir à l'algologie du lac Baïkal et de son bassin. — *Bull. Soc. Imp. Nat. Moscou*, n. s., 18, 1904.
- 78 bis. FISCHER R. — Die Algen Mährens und ihre Verbreitung. — *Verh. d. naturf. Ver. in Brünn*, Bd 57, 1920.
79. FORTI A. — Contributo 4^o alla conoscenza della Florula Ficologica Venetiana. — *Nov. Notar.*, 13, 1902.
80. FORTI A. — Appunti algologici per l'Anatolia. — *Ibid.*, 16, 1905.
81. FOURNIER F. — Catalogue des Algues vertes d'eau douce observées en France. — *F. des Jeunes Natur.*, 34, 1904.
82. FRÉMY P. — Contribution à l'étude de la Flore algologique de l'Afrique équatoriale française. — *Rev. algol.*, 1, 1925.
83. FRÉMY P. — Algues provenant des récoltes de M.-A. Gadeau de Kerville dans le canton de Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne). — *Bull. Soc. Amis Sc. Nat. Rouen*, 1930.
84. FRITSCH F. — Freshwater Algæ collected in the South Orkneys by M.-R. Rudmose Brown, of the Scottish National Antarctic Expedition 1902-1904. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 40, 1912.
85. FRITSCH F. — Freshwater Algæ. — *Brit. Antarct. « Terra Nova » Exped.*, 1910. London, 1917.

86. FRITSCH F. — Contributions to our knowledge of the Freshwater Algæ of Africa. 2. — A First Report on the Freshwater Algæ, mostly from the Cape Peninsula, in the Herbarium of the South African Museum. — *Ann. South Afric. Mus.*, 9, VII, 1918.
87. FRITSCH F. and STEPHENS (Miss. E.). — Contributions to our knowledge of the Freshwater Algæ of Africa. — 3. Freshwater Algæ, mainly from the Transkei Territories, Cape Colony. — *Trans. R. Soc. South Africa*, 9, I, 1921.
88. GAIDUKOV N. — Zur Ökologie der Süßwasseralgen. — *Bot. Arch.*, 6, 1924.
89. GAIDUKOV N. — Weitere Beiträge zur Ökologie der Süßwasseralgen. — *Ibid.*, 9, 1925.
90. GAUTHIER-LIÈVRE (Mme L.). — Recherches sur la flore des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. — *Thèse*, Paris, 1931.
91. GEORGEVITCH P. — Desmidiaceen aus dem Prespasee in Macedonien. — Desmidiaceen aus dem Wlasina-See. — *Beih. z. Bot. Centralbl.*, 26, II, 1910.
92. GRAUDINA A. — Die Algenflora des Stadtkanals von Riga. — *Acta Horti Bot. Univ. Latviensis*, 3, 1928.
93. GRUNOW A. — Die Desmidiaceen und Pediastrum einiger österreichischer Moore. — *Verh. K. K. Zool. Bot. Ges. Wien*, 1858.
94. GUERRERO Gonzales P. — Nuevos datos del plancton hispanico-marroqui (agua dulce). — *Bot. R. Soc. Espan. Hist. Nat.*, 29, 1929. (*Hedwigia*, 69, 1930).
- 94 bis. GUERRERO Gonzales P. — Contribucion al Estudio de las Algas y Esquizofitas de Espana. — *Trab. Mus. Nac. Cienc. Bot.*, 22, 1927. (*Bot. Centralbl.*, 160, p. 419, 1931).
95. GUTWINSKI R. — Flora Algarum agri Leopoliensis. — *Spr. Kom. fiz. Akad. Um. Krakowic*, 27, 1892.
96. GUTWINSKI R. — Flora Algarum agri Tarnopoliensis. — *Ibid.*, 30, 1894.
97. GUTWINSKI R. — Prodromus Floræ Algarum Galiciensis. — *Rozpr. Wydz. mat. — przyr. Akad. Um. Krakow.*, 28, 1895.
98. GUTWINSKI R. — De nonnullis Algis novis vel minus cognitis. — *Ibid.*, 32, 1896.
99. GUTWINSKI R. — Wykaz Glonow zebranych w okolicy Madowic-Makowa. — *Spr. Kom. fis. Akad. Um. Krakow.*, 32, 1897.
100. HANDA R. — A Contribution to our Knowledge of the Green Algæ of Rangoon. — *Journ. Burma Res. Soc.*, 17, 1927.
101. HANSRIG A. — Prodromus der Algenflora von Böhmen I. — *Prague*, 1886.
102. HANSRIG A. — Beiträge zur Kenntnis der Süßwasser-Algen und Bakterien-Flora von Tirol und Böhmen. — *Sitz. K. Böhm. Ges. Wiss.*, 1892.
103. HARPER R. — Morphogenesis in *Pediastrum*. — *Science*, 2, 1913.
104. HARPER R. — On the Nature of Types in *Pediastrum*. — *Mem. New-York Bot. Gard.*, 6, 1916.
105. HARPER R. — Organisation, Reproduction and Inheritance in *Pediastrum*. — *Proc. Americ. Phil. Soc.*, 57, 1918.
106. HASSALL A. — A History of the British Freshwater-Algæ. — *London*, 1845.

107. HOLST. — Postglaciale Tidsbestamninger. — *Sver. Geol. Unders., ser. C.* n° 216, 1919.
108. HUBER-PESTALOZZI G. — Die Schwebeflora (das Phytoplankton) von Seen und Kleingewässern der alpinen und nivalen Stufe. — *Zurich*, 1926.
109. HUBER-PESTALOZZI G. — Beiträge zur Kenntnis der Süßwasseralgen von Korsika. — *Arch. f. Hydrob.*, 19, 1928.
110. HUBER-PESTALOZZI G. — Algologische Mitteilungen VI. Algen aus dem Lago di Muzzano. — *Ibid.*, 20, 1929.
111. HUBER-PESTALOZZI G. — Das Plankton natürlicher und künstlicher Seebecken Süd-afrikas. — *Atti Congr. Intern. Limnol. Roma* 1927, 1929.
112. HUBER-PESTALOZZI G. — Algen aus dem Knysnawalde in Südafrika. — *Z. f. Bot.*, 23, 1930.
113. HUITFELDT-KAAS H. — Planktonundersøgelser i Norske Vande. — *Christiania*, 1906.
- 113 bis. HUTCHINSON E., PICKFORD G. and SCHURMAN J. — A Contribution to the hydrobiology of pans and other inland waters of South-Africa. — *Arch. f. Hydrob.*, 24, 1932.
114. ISTVANFFI (J. von). — Die Kryptogamenflora des Balatonsees und seiner Nebengewässer. — *Rcs. Wiss. Erf. Balatonsees, Sect. I.* 1898.
115. KAYSER P. — Beiträge zur Kenntnis der Hydrographie und Biologie des Steinhudermeeres. — *Arch. f. Hydrob.*, 10, 1915.
116. KIRCHNER O. — Kryptogamenflora von Schlesien (COHN). Algen. — *Breslau*, 1878.
117. KLEMM J. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1914.
118. KLOCK W. — Phytoplanktonuntersuchungen im Brackwassergebiet der Unteiwarnow. — *Int. Rev. ges. Hydrob.*, 23, 1930.
119. KRAMER O. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1919.
120. KRIEGER W. — Zur Biologie des Flussplankton des Havelgebietes. — *KOLKWITZ's Pflanzenforschung*, 10, 1927.
121. KRIEGER W. — Algenassoziationen von den Azoren und aus Kamerun. — *Hedwigia*, 70, 1930.
122. KUFFERATH H. — Notes sur la flore algologique du Luxembourg méridional, II. — *Ann. Biol. lac.*, 7, 1914.
123. KÜTZING F. — Synopsis Diatomearum. — *Linnaea*, 8, 1833.
124. KÜTZING F. — Phycologia germanica. — *Nordhausen*; 1845.
125. KÜTZING F. — Species Algarum. — *Leipzig*, 1849.
126. LAGERHEIM G. — Bidrag till Kännedom om Stockholmstraktens Pediatreer, Protococcaceer och Palmellaceer. — *Ofv. K. Sv. Vet. — Akad. Förh.* 39, 1882.
127. LAGERHEIM G. — Bidrag till Sveriges Algflora. — *Ibid.*, 40, 1883.
128. LAGERHEIM G. — Ueber einige Algen aus Cuba, Jamaica und Puerto-Rico. — *Bot. Notis.*, 1887.
129. LAGERHEIM G. — Contributiones a la Flora algologica del Ecuador. — *Anal. Univ. Quito*, 1890.

130. LAGERHEIM G. — Chlorophyceen aus Abessinien und Kordofan. — *Nuov. Notar.*, 4, 1893.
131. LAGERHEIM G. — Beiträge zur Flora der Bären-Insel, 2. — *Bih t. K. Sv. Vet. — Akad. Handl.*, 26, 1909.
132. LAGERHEIM G. — Om Lamm af Rhizopoder. — *Geol. För. Stockholm Förh.*, 23, 1901.
133. LEMMERMANN E. — Die Planktonalgen des Müggelsees bei Berlin. II. — *Zeitschr. f. Fisch.*, 1897.
134. LEMMERMANN E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen. II : Beschreibung neuer Formen. — *Bot. Centralbl.*, 76, 1898.
135. LEMMERMANN E. — Das Phytoplankton sächsischer Teiche. — *Forsch. Biol. Stat. Plön*, 7, 1890.
136. LEMMERMANN E. — Ergebnisse einer Reise nach dem Pacific. — *Abh. Nat. Ver. Bremen*, 16, 1899.
137. LEMMERMANN E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen III : Neue Schwebalgen aus der Umgegend von Berlin. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 18, 1900.
138. LEMMERMANN E. — Id. XIII : Das Phytoplankton des Ryck und des Greifswalder Boddens. — *Ibid.*, 19, 1901.
139. LEMMERMANN E. — Nordisches Plankton, XXI : Flagellatæ, Chlorophyceæ. — *Kiel und Leipzig*, 1903.
140. LEMMERMANN E. — Das Phytoplankton des Meeres, II. — *Abh. Nat. Ver. Bremen*, 17, 1903.
141. LEMMERMANN E. — Das Plankton schwedischer Gewässer. — *Arch. f. Bot.*, 2, 1904.
142. LEMMERMANN E. — Über das Vorkommen von Süßwasserformen im Phytoplankton des Meeres. — *Arch. f. Hydrob.*, 1, 1906.
143. LEMMERMANN E. — Das Plankton des Weser bei Bremen. — *Ibid.*, 2, 1907.
144. LEMMERMANN E. — Das Plankton des Jang-tse-kiang (China). — *Ibid.*, 2, 1907.
145. LEMMERMANN E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen : XXIII : Das Phytoplankton des Lago di Varano und des Lago di Monate (Italien).
147. LEMMERMANN E. — XXIV : Plankton aus Schlesien 2.
148. LEMMERMANN E. — XXV : Die Algen des Stralsunder Rohwassers. — *Ibid.*, 3, 1908.
149. LEMMERMANN E. — Algologische Beiträge, VI : Algen aus der Biviera von Lentini (Sizilien). — *Ibid.*, 4, 1909.
150. LEMMERMANN E. — Das Phytoplankton des Menam. — *Hedwigia*, 48, 1909.
151. LEMMERMANN E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen, XXVI : Das Phytoplankton des Paraguay. — *Arch. f. Hydrob.*, 5, 1910.
152. LINDAU G. — Die Algen II. — *Berlin*, 1914.
153. LUCKS R. — Zur Kenntnis des westpreussischen *Pediastrum* Arten. — *Jahrb. Westpr. Lehr. Ver. Naturk.*, 2-3, 1907.
154. MENEGHINI J. — Synopsis Desmidiacearum hucusque cognitarum. — *Linnaea*, 14, 1840.
155. MEYEN F. — Beobachtungen über einige niedere Algenformen. — *Nova Acta Acad. Leop. Carol.*, 14, 1829.

156. MIGULA W. — Kryptogamen-Flora von Deutschland, Deutsch-Osterreich und der Schweiz. Algen I. — *Gera*, 1923.
157. MOROSOWA-WODIANITZKAJA N. — Umriss der Gattung *Pediastrum*. — *Trav. Stat. biol. Novoross.*, 11, 1923.
158. MOROSOWA-WODIANITZKAJA N. — Neue Formen des Genus *Pediastrum*. — *Arch. Rus. Prot.*, 4, 1925.
159. MOROSOWA-WODIANITZKAJA N. — Die homologischen Reihen als Grundlage zur Klassifikation der Gattung *Pediastrum*. — *Ibid.* 4, 1925.
160. NAEGELI K. — Gattungen einzelliger Algen. — 1849.
161. NAUMANN E. — Ziel und Hauptprobleme der regionalen Limnologie. — *Bot. Notis.*, 1927.
162. NITARDY E. — Zur Synonymie von *Pediastrum*. — *Beih. z. Bot. Centralbl.* 32, II, 1914.
163. NORDSTEDT O. — De Algis aquae dulcis et de Characeis ex insulis Sandviensisibus a Sv. Berggren 1875 reportatis. — *Minenskr. K. Fys. Sällsk. Lund*, 1878.
164. NORDSTEDT O. — Freshwater Algae collected by D. R. S. Berggren in New Zealand and Australia. — *Bih. t. k. Sv. Vet Akad. Handl.*, 22, 1888.
165. OLTMANN F. — Morphologie und Biologie der Algen. 2 Aufl., 1922-23.
166. OSTENFELD C. — Beiträge zur Kenntnis der Algenflora des Kossogol-Beckens in der nordwestlichen Mongolei. — *Hedwigia*, 46, 1907.
167. OSTENFELD C. — The Phytoplankton of the Aral Sea and its affluents. — *Wiss. Ergebn. Aralsca Exped., St Petersburg*, 1908.
168. OSTENFELD C. — Phytoplankton aus dem Victoria Nyanza. — *Engl. Bot. Jahrb.*, 41, 1908.
169. OYE (P. van). — Contribution à la connaissance de la flore et de la faune microscopiques des Indes néerlandaises. — *Ann. Biol. lac.*, 11, 1922.
170. OYE (P. van). — Les Hydrodictyacees de Java. — *Nuov. Notar.*, 34, 1923.
171. OYE (P. van). — Biologie et Ecologie du Phytoplankton d'un lac tropical. — *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, 56, 1924.
172. OYE (P. van). — Données concernant la distribution géographique des Algues au Congo belge. — *Rev. Zool. Afric.*, 15, *Suppl. Bot.*, Gand 1927.
173. OYE (P. van). — Over de Wierflora van Belgisch-Kongo. — *Botan. Jaarb.*, 20, 1927.
174. PARAVICINI E. — Notizen zur Kenntnis der Flora und Fauna des Goktscha-sees in Hocharmenien. — *Arch. f. Hydrob.*, 10, 1915.
175. PASCHER A. — Die Süßwasserflora Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. Heft 5 : Chlorophyceae. — *Iena*, 1915.
176. PETERSEN J. Boye. — On tufts of bristles in *Pediastrum* and *Scenedesmus*. — *Bot. Tidskr.*, 31, 1912.
177. PETERSEN J. Boye. — On « Pseudoflagella » and tufts of bristles in *Pediastrum*, especially *Pediastrum clathratum* (Schroeder) Lemm. — *Ibid.* 37, 1921.
178. PETERSEN J. Boye. — Algae from O. Olufsen's Second Danish Pamir Expedition 1898-1899. — *Dansk Bot. Ark.*, 6, 1930.
- 178 bis. PETKOFF St. — a) La flore aquatique et algologique de la Macédoine du S. O. — *Philoppopoli*, 1910.

- b) Contribution supplémentaire à l'étude des Algues du sommet Kom et ses environs. — *Ann. Univ., Sofia*, 1, VI, 1911.
- c) La flore algologique du mont Pirin-Planina. — *Rec. Acad. Bulg. Sc.*, 20, 1925.
179. PLUMECKE C. — Zur Biologie mecklenburgischer Gewässer I, II. — *Arch. f. Hydrob.*, 9, 1914.
180. PRINTZ H. — Kristianatraktens Protococcoideer. — *K. Norske Videnskr. Selsk. Skr.*, 1913, n° 6, 1914.
181. PRINTZ H. — Beiträge zur Kenntnis der Chlorophyceen und ihrer Verbreitung in Norwegen. — *Ibid.*, 1915, n° 2, 1916.
182. PRINTZ H. — Die Chlorophyceen des südlichen Sibiriens und des Uriankailandes. — *Ibid.*, n° 4, 1916.
183. PRINTZ H. — Chlorophyceae. — *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, 2 Aufl., 3, 1927.
184. PROBST (T. von). — Ueber die Vermehrung von *Sorastrum Naegeli*, *Pediastrum* Meyen und *Tetraedron* Ktz. — *Tätitgk. — ber. Naturf. Ges. Basel*, 7 (1922-25), 1926.
185. RABENHORT L. — Deutschland Kryptogamenflora, II : Algen. — 1847.
186. RABENHORST L. — Flora europæa Algarum aquæ dulcis et submarinæ, III. — 1868.
187. RACIBORSKI M. — Przegląd Gatunkow Rodzaju *Pediastrum*. — *Mém. Acad. Sc. Cracovie*, 20, 1889.
188. RALFS J. — British Desmidiæ. — *London*, 1848.
189. RAYS (Mlle T.). — Note préliminaire sur quelques Algues récoltées aux environs de la situation biologique de Besse : lac de Bourdouze. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 76, 1929.
190. REINSCH P. — Die Algenflora des mittleren Theiles von Franken. — *Abh. Nat. Ges. Nürnberg*, 3 (1866), 1867.
191. REINSCH P. — Contributiones ad floram Algarum aquæ dulcis Promontorii Bonæ Spei. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 16, 1878.
192. REINSCH P. — Die Süßwasseralgenflora von Süd-Georgien. — *Deutsche Polar-Exped.*, 2, 1890.
193. RICHTER P. — Süßwasseralgen aus dem Umanadistrikt (Ostgrönland). — *Bibl. Bot.*, 42, 1897.
194. ROLL J. — Les nouvelles espèces des Algues trouvées aux environs de la station biologique du Donetz du Nord. — *Arch. Rus. Protist.*, 4, 1925, (*Rev. algol.*, 4, 1929).
195. ROLL J. — Algues nouvelles trouvées dans le plancton de la rivière Dniepre. — *Ann. de Protist.*, 1, 1928.
196. SCHILLER J. — Der thermische Einfluss und die Wirkung des Eises auf die planktischen Herbstvegetation in den Altwässern der Donau bei Wien. — *Arch. f. Protistenk.*, 56, 1926.
197. SCHMIDLE W. — Beiträge zur alpinen Algenflora. — *Osterr. Bot. Zeitschr.*, 45-46, 1895-1896.
198. SCHMIDLE W. — Algen aus den Hochseen des Kaukasus. — *Arb. Bot. Gart. Tiflis*, 2, 1897.

199. SCHMIDLE W. — Über einige von Bohlin in Pite Lappmark und Vasterbotten gesammelte Süßwasseralgen. — *Bih. t. k. Sv. Vet. Akad. Handl.*, 24, 1898.
200. SCHMIDLE W. — Beiträge zur Flora von Afrika (ENGLER), IV : Die von W. Goetze am Rukwa-See und Nyassa-See gesammelte... Chlorophyceae. — *Engl. Bot. Jahrb.*, 30, 1902.
201. SCHMILDE W. — Berichte über die botanische Ergebnisse der Nyassa-See... V : Algen. — *Ibid.*, 32, 1903.
202. SCHODDUYN R. — Contribution à l'étude biologique du Canal de Roubaix. — *Ann. Biol. lac.*, 14, 1925.
203. SCHODDUYN R. — Matériaux pour servir à l'Etude biologique des Cours d'eau de la Flandre française. — *Ibid.*, 14, 1925.
204. SCHODDUYN R. — Matériaux pour l'étude de la Faune et de la Flore des Eaux douces de Funchal (Madère). — *Ibid.*, 15 (1926), 1927.
205. SCHROEDER B. — Neue Beiträge zur Kenntnis der Algen des Riesengebirges. — *Forsch. biol. Stat. Plön*, 6, 1898.
206. SCHROEDER B. — Das Pflanzenplankton preussischer Seen. *Anhang zu* : SELIGO : Untersuchungen in der Stuhmer Seen. — *Danzig*, 1900.
207. SCHROEDER B. — Beiträge zur Kenntnis des Phytoplankton aus dem Kochel- und dem Walchensee in Bayern. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 35, 1917.
208. SCHROEDER B. — Phytoplankton aus dem Schlawasee. — *Ibid.*, 35, 1917.
209. SCHROEDER B. — Phytoplankton aus Seen von Mazedonien. — *Sitz. Akad. Wiss. Wien, Math.* — *Nat. Kl.*, 130, 1921.
210. SCHROETER C. — Neue Beiträge zur Algenkunde Schlesiens. — *Jahresber. Schles. Ges. Vaterl. Kult.*, 61, 1883.
211. SCHROETER C. — Die Schwebeflora unserer Seen (Das Phytoplankton). — *Neuj. Naturf. Ges. Zürich*, 99, 1896.
212. SCHROETER C. und KIRCHNER C. — Die Vegetation des Bodensees. — *Bodensee-Forsch.*, 9 Abschn., 1896.
213. SKUJA H. — Vorarbeiten zu einer Algenflora von Lettland III. — *Acta Horti Bot. Univ. Latv.*, 2, 1927.
214. SKUJA H. — Süßwasseralgen von den westestnischen Inseln Saaremaa und Hiiumaa. — *Ibid.*, 4 (1929), 1930.
215. SCHULTZ M. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Iaug. Diss., Greifswald*, 1914.
216. SCHUTOFF A. — Materialien zur Flora der Grünalgen des Wolgaplanktons. — *Arb. Biol. Wolga Stat., Saratow*, 6, 1922.
217. SELIGO A. — Hydrobiologische Untersuchungen I. Zur Kenntnis der Lebensverhältnisse in einige westpreussischen Seen. — *Schr. Naturf. Ges., Danzig*, 1890.
218. SELK H. — Beiträge zur Kenntnis der Algenflora der Elbe und ihres Gebietes. — *Jahrb. Hamburg. Wiss. Anst.* (1907), 1908.
219. SKORIKOW R. — Über das Sommer-Plankton der Nawa und aus einem Teile des Ladoga-Sees. — *Biol. Centralbl.*, 24, 1904.

220. SKVORTZOW B. — Contribution à la flore des Algues de la Russie d'Asie.
III : Le Phytoplancton du lac Tshla de la province Priamourskaja. —
J. Soc. Russe Bot., 2, 1917.
221. SKVORTZOW B. — V : Algues de la province d'Akmolinsk. — *Ibid.*
222. SKVORTZOW B. — VII : Notions préliminaires sur le Phytoplancton de
l'Amour. — *Ibid.*, 3, 1918.
223. SKVORTZOW B. — VIII : Les Algues de l'Altaï. — *Ibid.*
224. SKVORTZOW B. — X : Sur quelques Algues des provinces de l'Amour et de
la Transbaïkalie. — *Ibid.*
225. SKVORTZOW B. — Notes on the Agriculture, Botany and Zoology of China.
3 : The Freshwater Algæ from the Fonds of South China — *J. Asiatic
Soc. Shanghai*, 50, 1919.
226. SKVORTZOW B. — 11 : The Phytoplankton of some Tibetan Lakes. — *Ibid.*
227. SKVORTZOW B. — 12 : On some Freshwater Algæ collected in Shanghai. —
Ibid.
228. SKVORTZOW B. — 48 : On the Winter Phytoplankton of the Fish-Fonds of
Foochow. — *Ibid.*, 53, 1922.
229. SKVORTZOW B. — 49 : On some Freshwater Algæ, collected by Mr. C. R.
Kellog in Hokchiang, Fockien. — *Ibid.*
230. SKVORTZOW B. — Über einige Süßwasseralgen der Umgegend von Peking
(China). — *Arch. f. Hydrob.*, 16, 1925.
231. SKVORTZOW B. — Über einige Süßwasseralgen aus der Nord-Mandschurei
im Jahre 1916 gesammelt. — *Ibid.*, 16, 1926.
232. SKVORTZOW B. — Über einige Süßwasseralgen aus Pamér (Asien). — *Hedwigia*, 67, 1927.
232. SKVORTZOW B. — Über einige Süßwasseralgen aus Pamir (Asien). — *Hedwigia*,
Rivers of the Zaisan District, Altai Mountains, Siberia. — *J. of Bot.*,
65, 1907.
234. SKVORTZOW B. — Über das Phytoplankton des Zaisansees, Südsibirien. —
Arch. f. Hydrob., 19, I, 1928.
235. SMITH G. — Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin I. — *Wisconsin
Geol. and Nat. Hist. Surv.*, 57, 1920.
236. SMITH G. — The Phytoplankton of the Muskoka Region, Ontario, Canada.
Trans. Wisconsin Acad., 20, 1921.
237. SMITH G. — Cell Structure and Zoospores Formation in *Pediastrum Boryanum*
(Tur.) Men. — *Ann. of Bot.*, 30, 1916.
- 237 bis. SMITH G. — New or interesting algæ from the lakes of Wisconsin. —
Bull. Torrey Bot. Club 43, 1916.
238. STEINECKE F. — Glazialrelikte und Glazialformen unter den Algen. — *Bot.
Arch.*, 22, 1928.
239. STOCKMAYER S. — Algæ. In : HANDEL-MANZETTI. Botanische Reise in das
Pontische Randgebirge. — *Ann. K. K. Naturh. Hofmus. Wien*, 23, 1909.
240. STRÖM K. Münster. — Freshwater Algæ from Kaukasus and Turkestan. —
Nyt Magaz. f. Naturv. 57, 1919.
241. STRÖM K. Münster. — Freshwater Algæ from Tuddal in Telemark. —
Ibid.

242. STRÖM K. Münster. — Algological Notes, IV : Resting Spores of *Pediastrum*. — *Ibid.*, 59, 1921.
243. STRÖM K. Münster. — The Phytoplankton of some Norwegian Lakes. — *Skr. Norske Vidensk. Akad., Mat. Nat. Kl.*, 1921.
244. STRÖM K. Münster. — Norwegian Mountain Algæ. — *Ibid.*, 1926.
245. TELLING E. — Schwedische Planktonalgen. II. — *Sw. Bot. Tidskr.*, 10, 1916.
246. TEODORESCO E. — Matériaux pour la flore algologique de la Roumanie. — *Beih. z. Bot. Centr.*, 21, II, 1907; *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 9^e sér., 5, 1907.
247. TONI (J.-B. de). — Sylloge Algarum I. — 1889.
248. TROITZKAJA C. — De significatione taxonomica *Pediastri integri* Näg. — *Notulæ System. Inst. Crypt. Horti Bot. Petrop.*, 2, 1923.
249. TROITZKAJA C. — Sur le développement et la morphologie du *Pediastrum muticum* Ktz. et *P. Boryanum* (Turp.) Men. — *Arch. Russ. Protist.*, 3, 1924.
250. TROITZKAJA C. — Recherches morphologiques expérimentales sur *Pediastrum simplex* Meyen. — *Ibid.*, 6, 1927.
251. TURNER W.-B. — Algæ aquæ dulcis Indiæ orientalis. — *K. Sv. Vet. Akad. Handl.*, 25. — 8192.
- 251 bis. USPENSKI E. — Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. — *Pflanzenforschung (Kollikwitz)*, H. 9, 1927.
252. VOSS Marie. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1915.
253. WESENBERG-LUND C. — Plankton Investigations of the Danish Lakes. Special Part. — *Dan. Freshwat. Biol. Labor.*, op. 5, 1904.
254. WEST G. S. — Report on the Freshwater Algæ, including Phytoplankton of the Third Tanganyika Expedition. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 38, 1907.
255. WEST G. S. — The Algæ of the Yan Yean Reservoir, Victoria. — *Ibid.*, 39, 1909.
256. WEST G. S. — Freshwater Algæ from the Percy Sladen Memor. Expeditions 1908-1911. — *Ann. South Africa Mus.*, 9, 1912.
257. WEST G. S. — Algæ. — *Cambridge Bot. Handb.*, 1916.
258. WEST W. — Algæ of the English Lake District. — *J. R. Micr. Soc.*, 1892.
259. WEST W. — Notes on Scotch Freshwater Algæ. — *J. of Bot.*, 31, 1893.
260. WEST W. — A Contribution to the Freshwater Algæ of West Ireland. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 29, 1893.
261. WEST W and G. S. — New American Algæ. — *J. of Bot.*, 33, 1895.
262. WEST W. and G. S. — A Contribution to our Knowledge of the Freshwater Algæ of Madagascar. — *Trans. Linn. Soc. Bot.*, 5, 1895.
263. WEST W. and G. S. — Algæ from Central Africa. — *J. of Bot.*, 34, 1896.
264. WEST W. and G. S. — Welwitch's African Freshwater Algæ. — *Ibid.*, 35, 1897.
265. WEST W. and G. S. — The Alga-Flora of Yorkshire. — *Bot. Trans. Yorksh. Nat. Un.*, 5, 1901.
266. WEST W. and G. S. — Scottish Freshwater Plankton. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 35, 1903.
267. WEST W. and G. S. — Freshwater Algæ from Birma, including a few from Bengal and Madras. — *Ann. R. Bot. Gard. Calcutta*, 6, 1907.

268. WILCZEK A. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1913.
269. WILDEMANN (E. de). — Quelques mots sur le *Pediastrum simplex* Meyen. — *Bull. Herb. Boissier*, 1, 1893.
270. WILDEMANN (E. de). — Catalogue de la Flore algologique de la Suisse. — *Mém. Soc. R. Sc. Liège*, 2^e sér., 19, 1895.
271. WILDEMANN (E. de). — Flore des Algues de Belgique. — *Bruxelles*, 1896.
272. WILDEMANN (E. de). — Prodrôme de la Flore algologique des Indes Néerlandaises. — *Batavia*, 1897-1899.
273. WILLE N. — Bidrag til Kundskaben om Norges Ferskvandsalger I. Smaa-lenenes Chlorophyllophyceer. — *Christiania Vidensk. Forh.*, n^o 11, 1880.
- 273 bis. WILLE N. — Ferskvandalger fra Novaja Semlja, samlede af Dr. Kjellmann paa Nordenskiöld's Expedition 1875. — *Ofv. K. Sv. Vet. — Akad. Förh.*, 5, 1879.
274. WILLE N. — Bidrag til Sydamerikas Algflora I-III. — *Bih. t. K. Sv. Vet. Akad. Handl.*, 8, 1884.
275. WILLE N. — Om Færoernes Ferskvandsalger og om Ferskvandsalgernes Spredningsmaader. — *Bot. Notis.*, 1897.
276. WILLE N. — Algologische Notizen VII. — Zur Verbreitung der Süßwasser-algen im Südlichen Norwegen. — *Nyt. Magaz. Naturv.*, 39, 1901.
277. WILLE N. — Süßwasseralgen von den Samoainseln, Havaii, den Salomon-inseln, und Ceylon... gesammelt von Dr. K. Reehinger. — *Denkschr. Math. Nat. Kl. K. Akad. Wiss. Wien*, 91, 1914.
278. WILLE N. — Algen aus Zentralasien gesammelt von Dr. Sven Hedin. — *SVEN HEDIN: Southern Tibet*, vol. 6, part III, *Bot.*, 1922.
279. WILLE N. — Süßwasseralgen von der Deutschen Südpolar-Expedition auf dem Schiff « Gauss » 1901-1903. — *Deutsche Südpolar-Exped., Bot.*, 8, IV, 1924.
280. WILLE N. og ROSENVINGE L. — Alger fra Novaia-Zemlia og Kara-Havet, samlede paa Dijnphna-Expeditionen 1882-1883. — *Dijnphana-Togtets Zool. bot. Udb.*, Copenhagen, 1885.
281. WOLOSZYNSKA (Mlle J.). — Das Phytoplankton einiger javanischer Seen, mit Berücksichtigung der Sawa-Planktons. — *Bull. Acad. Sc. Cracovie*, 1912.
282. WOLOSZYNSKA (Mlle J.). — Studien über das Phytoplankton des Viktoriasees. — *Hedwigia*, 55, 1914.
283. WOLOSZYNSKA (Mlle J.). — Beitrag zur Kenntnis der Algenflora Litauens. — *Bull. Acad. Sc. Cracovie*, 1917.
284. WOLOSZYNSKA (Mlle J.). — Die Verbreitung der Algen auf dem Boden des Wigrysees. — *C. R. Stat. Hydr. Lac de Wigry*, 1 (1923), 1924.
285. WOLOSZYNSKA (Mlle J.). — Algologische Notizen. — *Fol. Cryptog.*, 1, 1925.
286. WOLLE F. — Desmids of the United States and List of American *Pediastrum*. — *Bethlehem*, 1884.
287. WORONICHIN N. — Beiträge zur Kenntnis der Süßwasseralgen des Kaukasus IV. — *Russ. Hydrob. Zeitschr.*, 2, 1923.
288. WORONICHIN N. — Grundriss der Algen-Vegetation des Kaukasus. — *Arch. f. Hydrob.*, 17, 1926.

289. ZACHARIAS C. — Zur Kenntniss des Planktons sächsischer Fischteiche. — *Forsch. Biol. Stat. Plön*, 7, 1899.
290. ZACHARIAS C. — Über einige interessante Funde im Plankton sächsischer Fischteiche. — *Biol. Centralbl.*, 19, 1898.
291. ZACHARIAS S. — Über das Vorkommen von Borstenbüscheln an den Randzellen bei *Pediasireen*. — *Ibid.*, 23, 1903.
292. ZEDERBAUER D. — und BREHM V. — Das Plankton einiger Seen Kleinasiens. — *Arch. f. Hydrob.*, 3, 1907.
293. ZYKOFF V. — Über das Winterplankton der Wolga bei Romanow-Borisoglebsk. — *Zool. Anzeiger*, 29, 1906.

EXSICCATA

294. RABENHORST L. — Die Algen Sachsens. — Die Algen Europa's. — 1848-1873.
295. WITTROCK et NORDSTEDT. — *Algæ aquæ dulcis exsiccatae*. — 1877-1903.
-

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
Historique	5
Méthode	8
Plan	12

PREMIÈRE PARTIE

Variations morphologiques dues à l'influence des divers facteurs.....	13
Chapitre premier. — Lacunes et méats; forme de la cellule marginale	13
Chapitre deuxième. — Echancrure externe de la cellule marginale.	32
Chapitre troisième. — Longueur et forme des pointes	51
Chapitre quatrième. — Nombre et disposition des cellules dans la colonie. Colonies coelastroides. Pointes dans divers plans....	66
Chapitre cinquième. — Ornaments et modifications diverses de la membrane	80

DEUXIÈME PARTIE

Systématique	95
<i>P. simplex</i>	98
<i>P. Kawraiskyi</i>	99
<i>P. duplex</i>	103
<i>P. biradiatum</i>	105
<i>P. Boryanum</i>	109
<i>P. angulosum</i>	112
<i>P. Tetras</i>	116
<i>P. Brannii</i>	120

TROISIÈME PARTIE

Multiplication végétative	127
Chapitre premier. — Multiplication végétative à partir de cellules ordinaires	129
Chapitre deuxième. — Multiplication végétative à partir de kystes.	138

QUATRIÈME PARTIE

Chapitre premier. — Distribution géographique des <i>Pediastrum</i>	147
Chapitre deuxième. — Distribution des <i>Pediastrum</i> en Anjou et en Touraine	152
Chapitre troisième. — Lieux de développement et de multiplication des <i>Pediastrum</i>	157
Chapitre quatrième. — Influence de la température sur le développement des <i>Pediastrum</i>	159
Chapitre cinquième. — Influence des matières dissoutes dans l'eau sur la présence et le développement des <i>Pediastrum</i>	161
Résumé général et conclusions ..	171
Bibliographie	177

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNEES PAR LA FACULTE :

ZOOLOGIE. — La Conjugaison des Infusoires Ciliés et sa signification biologique.

GEOLOGIE. — Les Diatomées fossiles d'eau douce.

Vu et approuvé :

Paris, le 13 décembre 1932,

Le Doyen de la Faculté des Sciences :

C. MAURAIN.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris :

S. CHARLETY.

